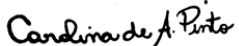

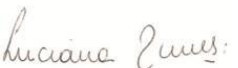
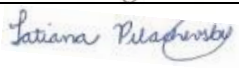
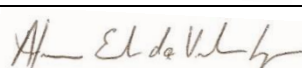



PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE SÃO MANOEL

P10 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

2º Relatório Semestral


EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Carolina de Athayde Pinto Geóloga	-	6276623	
Daniel da Silva Bispo Biólogo, MSc.	CRBIO 100290/01-D	1878588	
Luciana Cabral Nunes Geóloga, MSc.	CREA- 50629926484	5287039	
Tatiana Pilachevsky Geógrafa, MSc.	CREA- 5064021791	5531743	
Afonso E. de Vasconcelos Lopes Geofísico, DSc.	-	5286995	

Julho – 2015

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 1
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	3
3. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	3
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
4.1. SÍNTESE GEOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TELES PIRES	4
4.2. FORMAÇÕES GEOLÓGICAS NA AID DA UHE SÃO MANOEL.....	6
4.2.1. Grupo Beneficente	7
4.2.2. Grupo Colíder	8
4.2.3. Suíte Intrusiva Teles Pires	9
4.2.4. Depósitos Aluvionares.....	10
4.3. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	10
4.3.1. Sistema Aquífero Granular ou Poroso.....	10
4.3.2. Sistema Aquífero Fraturado	10
5. LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DOS PIEZÔMETROS E POÇOS DE MONITORAMENTO	14
5.1. DESCRIÇÃO DAS SONDAGENS.....	20
6. CAMPANHAS DE MONITORAMENTO	27
6.1. RESULTADOS DE NÍVEL D'ÁGUA	27
6.2. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	28
6.2.1. Parâmetros Físico-Químicos	29
6.2.2. Variáveis Químicas (Exceto Metais)	33
6.2.3. Metais.....	38
6.2.4. Variáveis Microbiológicas.....	45
6.2.5. Compostos Orgânicos.....	45
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXO 1 – Laudos das análises de granulometria conjunta do perfil de sondagem do solo	51
ANEXO 2 – Laudos da qualidade da águas subterrâneas	52
ANEXO 3 – Laudos de qualidade das águas subterrâneas	53

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 2
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

1. INTRODUÇÃO

O “Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas”, solicitado pela E.E.S.M - Empresa de Energia São Manoel, atende as condicionantes apresentadas no Plano Básico Ambiental (PBA) da UHE São Manoel.

Este serviço está sendo executado pela empresa **VERACRUZ Soluções Geofísicas e Geológicas Ltda.** visando o diagnóstico sobre os efeitos da elevação do lençol freático na área de influência direta (AID) da UHE São Manoel, que está sendo implantada em torno das coordenadas geográficas 09°11’32”(S) e 57°03’13”(O), no rio Teles Pires, nos estados de Mato Grosso e Pará.

2. OBJETIVOS

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas tem como objetivo monitorar o nível freático dos aquíferos livres e a qualidade da água subterrânea na área de influência direta (AID) da UHE São Manoel, de forma a avaliar as variações no entorno do reservatório, antes, durante e após o seu enchimento.

3. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

O presente relatório apresenta os principais resultados obtidos durante as atividades realizadas entre dezembro de 2014 e maio de 2015.


O “Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas” teve início em outubro de 2014, com a realização de revisão bibliográfica sobre as formações geológicas que ocorrem na região, suas principais características de gênese, composição e competência de armazenamento de água.

Juntamente com a etapa de revisão bibliográfica foi realizada a caracterização de hidrogeologia regional, que tem a finalidade de associar os dados da geologia regional com as características de permeabilidade e condutividade hidráulica, sendo possível, futuramente, elaborar um modelo hidroestratigráfico da região afetada pela UHE São Manoel.

Em outubro de 2014 foi também realizada a primeira vistoria de campo para o reconhecimento da área, sendo que foram visitadas as áreas de inspeção propostas no PBA (Projeto Básico Ambiental) do presente programa de monitoramento.

No mês de novembro e dezembro de 2014, após a seleção dos locais para a instalação dos piezômetros, foi realizada a compra dos equipamentos e a preparação da logística para a perfuração dos locais selecionados.

No mês de janeiro de 2015 foi realizada a mobilização da equipe para dar início à instalação dos piezômetros na AID da UHE São Manoel.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 3
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

Em fevereiro de 2015, as atividades consistiram em: (i) realização das sondagens; (ii) campanha de medição de nível dos piezômetros já finalizados; e (iii) campanha de coleta de água para análises laboratoriais.

A partir da instalação de 10 dos 13 piezômetros, concluídos no mês de março de 2015, as coletas de amostras de água e medições do nível d'água previstas para o mês de fevereiro também foram concluídas. A perfuração dos três poços de monitoramento de nível d'água restantes serão concluídas no mês de junho, visto que os locais escolhidos inicialmente não eram favoráveis para a perfuração e para a realização do monitoramento, apresentando dificuldades logísticas e técnicas que não permitiram a sua perfuração, conforme abordado no item 5 deste relatório.

No mês de abril foram realizadas campanhas de campo e o mapeamento geológico e hidrogeológico da área, e por fim, no mês de maio foi realizada a 2ª campanha de monitoramento para coletas de amostras de água e medições do nível d'água. Em resumo, as atividades executadas durante o semestre estão dispostas no **Quadro 1**.


Quadro 1. Resumo de acompanhamento das atividades desenvolvidas no Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE São Manoel.

ATIVIDADES	MÊS						
	nov./14	dez./14	jan./15	fev./15	mar./15	abr./15	mai./15
Inventário complementar e investigações de campo							
Campanhas de campo							
Definição da rede de monitoramento							
Instalação dos piezômetros e poços							
Mapeamento geológico e hidrogeológico							
1ª campanha de campo: leituras de nível d'água e coleta de amostras de água							
2ª campanha de campo: leituras de nível d'água e coleta de amostras de água							

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. SÍNTESE GEOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TELES PIRES


A área de estudo está inserida na porção sul do cráton Amazônico. Comportando-se como área estabilizada durante o Ciclo Brasileiro, o Cráton Amazônico compreende quase a totalidade das rochas arqueanas e proterozóicas expostas na Região Norte do Brasil. Este cráton foi dividido em duas províncias

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 4
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

estruturais, separadas pela Bacia Sedimentar Amazônica, denominadas: Província Rio Branco, a norte, e Província Tapajós, a sul (Almeida *et al.*, 1977).

O modelo adotado acerca da evolução do cráton amazônico é o mobilista, proposto por Cordani *et al.* (1979), Tassinari (1981), Cordani & Brito Neves (1982), Teixeira *et al.* (1989), Macambira *et al.* (1990), Bittencourt (1992), Tassinari (1996) e Santos *et al.* (2000) baseia-se na existência de eventos tectônicos compressivos responsáveis pelo desenvolvimento de cinturões móveis bordejando um pequeno núcleo arqueano, com características cratônicas denominado Província Amazônia Central. Nesta linha Tassinari *et al.* (1996) e Tassinari & Sato (1997) subdividiram o Cráton Amazônico em cinco unidades geotectônicas, com características próprias. Santos *et al.* (2000) integraram dados de campo e dados geocronológicos de U-Pb e Sm-Nd, dividindo-o em oito províncias tectônicas, algumas geradas por processos acrescionários e outras por reciclagem de crosta continental.

A Bacia do Rio Teles Pires (Figura 1) é formada por dois domínios crustais distintos denominados de: (i) Domínio Acrescionário Deformado e (ii) Domínio Granito-Vulcânico. O primeiro é formado por rochas supracrustais e corpos plutônicos submetidos a metamorfismo de médio a alto grau seguido de deformação dúctil acentuada. Encontrada na porção oeste-sudoeste da área, incluindo as seguintes unidades: Complexos Nova Monte Verde e Bacaeri-Mogno, Sequência Metavulcanossedimentar São Marcelo-Cabeça, Granitóides São Pedro e São Romão e Tonalito Vitória. O segundo é formado por um cinturão de rochas plutônicas e vulcânicas, pouco deformadas, de caráter calcialcalino, com composições dioríticas a graníticas, que foram classificadas como granitos tipo I oxidado (Paranaíta, Nhandu, Flor da Serra, Matupá, Juruena, Colíder) e granitos tipo S (Apiacás). As suítes foram intrudidas em gnaisses polideformados, localmente migmatizados, expostos em afloramentos restritos, e que são correlacionados aos gnaisses do Complexo Cuiú-Cuiú da região do Tapajós. Esse domínio teve uma evolução ligada ao desenvolvimento de um arco magmático paleoproterozóico, gerado por subducção de placa litosférica oceânica sob crosta continental, em regime compressivo.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 5
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

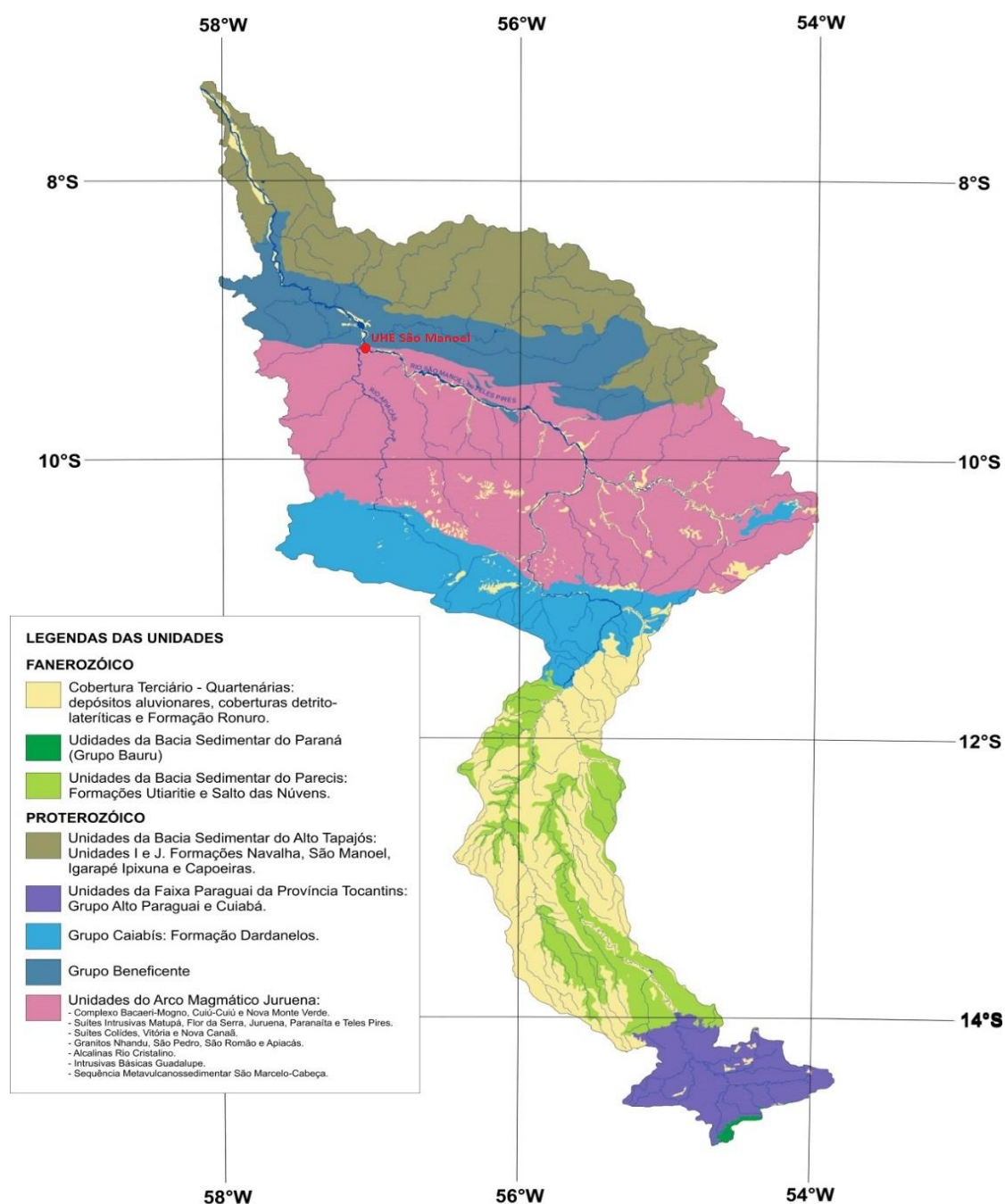



Figura 1. Mapa Geológico da Bacia do Rio Teles Pires.

4.2 FORMAÇÕES GEOLÓGICAS NA AID DA UHE SÃO MANOEL

Na Área de Influência Direta (AID) da UHE São Manoel observa-se a presença de quatro formações geológicas: (i) Cobertura Aluvionar; (ii) Suíte Intrusiva Teles Pires; (iii) Grupo Colíder e (iv) Grupo Beneficente, sendo que a representação simplificada é apresentada na **Figura 2**. Foi utilizado como base para os estudos o Mapa Geológico elaborado pelo CPRM em 2013.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 6
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

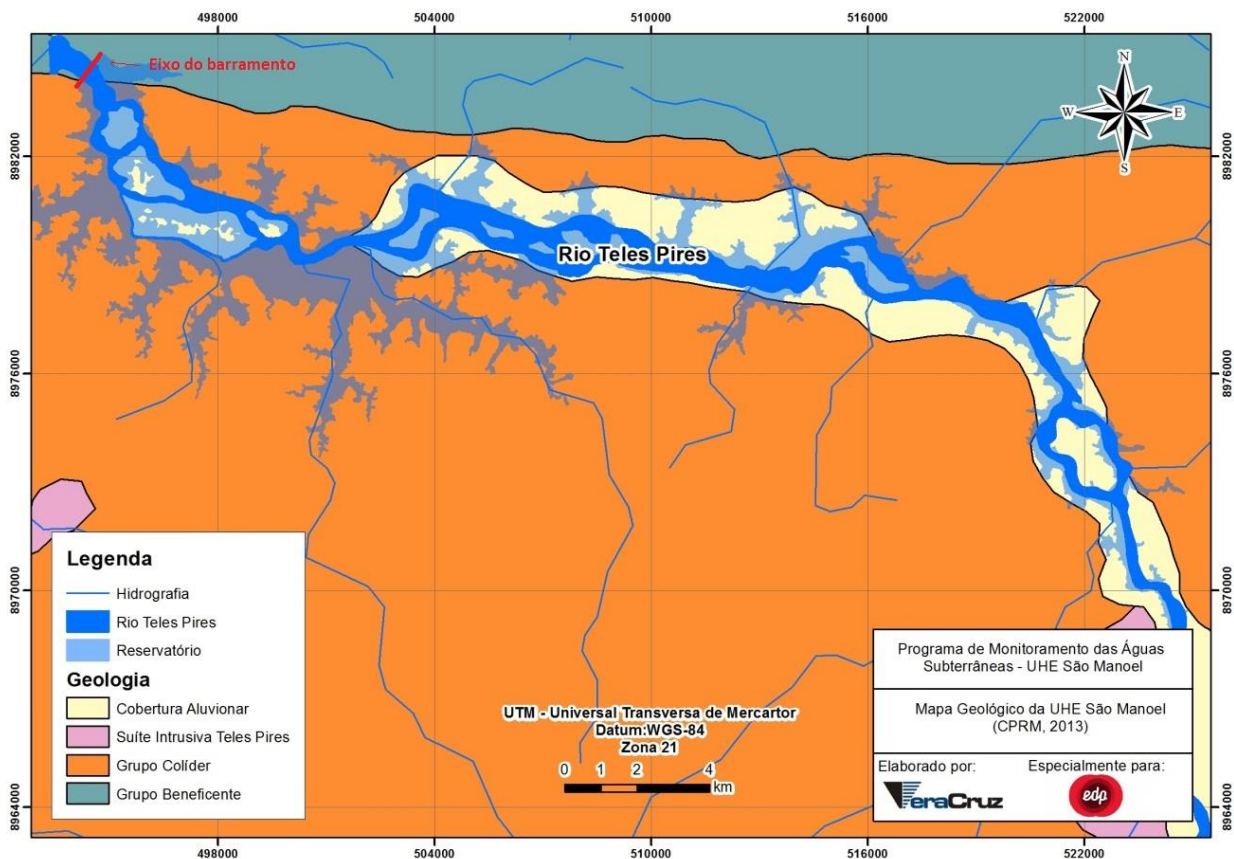



Figura 2. Mapa Geológico da UHE São Manoel. Fonte: CPRM (2013).

4.2.1. Grupo Beneficente

Almeida & Nogueira Filho (1959) denominaram de Grupo Beneficente uma sequência sedimentar, ocorrente na região da serra do Cachimbo, composta por duas litofácies: uma inferior, quartzítica, aflorando no povoado de Beneficente, e uma superior, pelítica. Santiago *et al.* (1980) propuseram uma estruturação para o Grupo Beneficente denominando de Formação Palmares a unidade proterozóica, e subdividindo em diversas formações os sedimentos paleozóicos.

O Grupo Beneficente é composto basicamente por quatro subdivisões, sendo que: (i) o primeiro é composto por arenitos e arenitos líticos brancos a amarelos claro, com grãos finos a médios, subangulosos e bem selecionados, dispostos sob a forma de estratos e camadas com freqüentes estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas e tabulares, tais estruturas são comuns em sistemas fluviais entrelaçados, sua porção basal é composta por conglomerados polimíticos, clasto suportados, com clastos subarredondados a angulosos, de rochas vulcânicas, arenitos e argilitos; (ii) o segundo é composto por pelitos avermelhados onde os argilitos laminados, arenitos finos e arenitos manganésíferos aparecem como lentes ou finas intercalações. Tais rochas pelíticas demonstram em seu manto de

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 7
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

alteração solos argilosos avermelhados, em contraposição aos solos arenosos das unidades envolventes; (iii) o terceiro é composto por arenitos finos a médios, com estratificações planoparalelas, cruzadas e localmente apresentando finas intercalações de siltitos e argilitos; e (iv) composto por arenitos claros, de granulação fina a média, com intercalações lenticulares de argilitos e siltitos avermelhados, apresentando estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas e tabulares

Conforme **Valente (1998)**, os sedimentos do Grupo Beneficente são cortados por diques básicos datados de 1,3Ga, o que indica uma idade proterozóica. De maneira geral representam uma sequência marinha de sedimentos detríticos representados por arenitos, arcóseos, siltitos e argilitos vermelhos, com intercalações locais de conglomerados polimíticos. Pode ser encontrado em uma faixa de direção WNW-ESE na porção norte da área onde as camadas apresentam mergulho para NNE. Encontra-se em contato normal ou por falha (transcorrência) com os granitos e rochas vulcânicas da Suíte Colíder.

4.2.2. Grupo Colíder


Constitui uma extensa faixa de rochas vulcânicas ácidas ocorrente na porção centro-norte do Estado de Mato Grosso e extremo sul do Estado do Pará. Este conjunto de rochas vulcânicas félsicas levou alguns geólogos a propor um modelo de derrame fissural.

Neste contexto, as rochas subvulcânicas de composição ácido-intermediária que ocorrem na borda sul da serra do Cachimbo foram relacionadas por **Oliveira & Albuquerque (2005)** e **Souza et al. (2005)** ao Arco Magmático Juruena (idade de 1,85 a 1,75Ga) sob a designação de Suíte Colíder, apresentando idade isocrônica U/Pb variando de 1,80 a 1,77Ga.

Conforme o **Projeto PROMIN – Alta Floresta**, a Suíte Colíder é caracterizada regionalmente por:

[...] derrames de lavas ácidas riolíticas vitrofíricas e microporfíricas, riocacitos e dacitos, e lavas intermediárias andesíticas, porfíricas, com freqüentes intercalações de depósitos piroclásticos e epiclásticos, tendo como seção tipo, a estrada para a Pedra Formosa, localizada a sul da cidade de Colíder. Ocorre também, intimamente associado a esses derrames, uma fácies transicional, representada por intrusões muito rasas, epizonais, formadas de microgranitos, microquartzomonzonitos, micromonzonitos, porfíricos, encimados às vezes por granófiros e riolitos, riocacitos e dacitos, pórfiros, situados em zonas apicais, destituídos de textura de fluxo e sem evidências de derrames, formando extensos pacotes homogêneos (**OLIVEIRA & ALBUQUERQUE, 2005**).

As rochas vulcânicas ácidas da Suíte Colíder estão estratigraficamente sotopostas às rochas sedimentares do Grupo Beneficente, ocorrentes no extremo norte da área, e estão sobrepostas às rochas graníticas da Suíte Intrusiva Juruena, ocorrentes ao sul, sendo intrudidas pelo Granito Teles Pires nas porções leste e oeste da área de estudo.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 8
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

Nessa região predominam as rochas subvulcânicas representadas por riolitos, riodacitos, dacitos e andesitos, porfiríticos, desprovidos de textura de fluxo, dissociados de derrames, dispostos em pacotes homogêneos, geralmente posicionados acima de zonas apicais, ligadas a intrusões rasas, epizonais, formadas por microgranitos, microquartzo monzonitos e micromonzonitos. Em termos tectono-estruturais, a Suíte Colíder está inserida em um domínio rúptil a rúptil-dúctil (**Oliveira & Albuquerque, 2005**)

4.2.3. Suíte Intrusiva Teles Pires


SILVA et al. (1974) designaram de Granito Teles Pires um conjunto de corpos graníticos com estrutura anelar, anorogênicos, condicionados ao ambiente de formação das lavas ácidas encontradas, inicialmente, na região do rio Iriri. Em seguida, **ISLER et al. (1977)** relacionaram esses alcaligranitos ao vulcanismo subseqüente ao Evento Transamazônico. Enquanto que **TASSINARI (1981)** atribuiu a estes granitos a idade de 1.600Ma, relacionando-os a um magmatismo subvulcânico pós-tectônico restrito à Província Rio Negro-Juruena.

Dois corpos graníticos na forma de batólitos abrangem parcialmente a AID da UHE São Manoel. Esses batólitos apresentam em superfície uma configuração oval, com eixo maior alongado na direção EW, e afloramentos na forma de lajedos ou em grandes blocos.

Os tipos litológicos encontrados são biotita granito, leucogranito, alcaligranito, com estruturas maciças, homogêneas, de coloração cinza, cinza-avermelhado a vermelho-tijolo, com a granulação mais comum variando entre média a grossa, podendo ocorrer granulação fina. Os cristais aparecem na forma eqüigranular a porfirítica em matriz fina. Ocasionalmente apresentam textura rapakivi (megacristais de feldspato potássico apresentando anel externo de plagioclásio). Podem ocorrer associações com rochas subvulcânicas representadas por microgranitos, granitos finos e granófiros, cinza-rosados a avermelhados, apresentando textura fina a microgranular com estrutura maciça e homogênea.

Os principais constituintes são megacristais de feldspato potássico, quartzo em cristais xenomórficos e plagioclásio em cristais prismáticos em percentual reduzido. Os minerais máficos também ocorrem em proporções mínimas, tornando essas rochas essencialmente hololeucocráticas, com raras lamelas de biotita, frequentemente alteradas para clorita. Entre os minerais resultantes da alteração hidrotermal, além da clorita, aparecem epidoto, sericita e carbonatos. Os minerais acessórios são representados pela fluorita, zircão, allanita e titanita.

Considerando a compartimentação tectono-estrutural regional, assim como a Suíte Colíder na qual está intrudido, o Granito Teles Pires também está inserido em um domínio rúptil a rúptil-dúctil.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 9
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

Comumente, o Granito Teles Pires se mantém pouco fraturado, enquanto ocorrências contíguas de riolitos da Suíte Colíder apresentam intenso fraturamento.

4.2.4. Depósitos Aluvionares

Nas Áreas de Influência Direta da UHE São Manoel são observadas aluviões recentes ao longo das calhas do rio Teles Pires, sendo constituídas por sedimentos arenosos e argilosos, inconsolidados ou parcialmente consolidados, com níveis de cascalhos associados. Sua porção basal é composta por cascalhos, gradando para porções de topo com composição areno argilosa. Os depósitos aluvionares na calha do rio Teles Pires apresentam um grande interesse econômico no que tange a questão garimpeira de metais preciosos especialmente o ouro, por possuir sistemas de depósitos semelhantes ao tipo *Placer*.

4.3. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Na AID da UHE São Manoel encontra-se basicamente a ocorrência de dois tipos de aquíferos: (i) sistema granular poroso; e (ii) sistema fraturado e semifraturado.


4.3.1. Sistema Aquífero Granular ou Poroso

Os aquíferos porosos ou granulares são representados pelo manto de alteração das rochas cristalinas, pelos depósitos coluvionares, pelas aluviões do rio Teles Pires e de seus principais afluentes e pelos sedimentos do Grupo Beneficente. Sob o ponto de vista hidrogeológico, este aquífero apresenta uma grande capacidade de acumulo de reserva e uma baixa capacidade de transmissão das águas subterrâneas.

A grande importância desta unidade na região está ligada à sua enorme capacidade de reter águas e alimentar, de forma lenta e constante, o sistema aquífero fraturado durante todo o ano, além de colaborar na manutenção das vazões das drenagens superficiais regionais. No que se refere ao uso, pode-se afirmar que as águas subterrâneas do aquífero poroso são insignificantes.

4.3.2. Sistema Aquífero Fraturado

O sistema aquífero fraturado está instalado, preponderantemente, sobre um conjunto de rochas vulcânicas da Suíte Colíder. Completa esse quadro a ocorrência de uma pequena faixa de granitos e microgranitos intrusivos, aflorantes na área de remanso do reservatório, pertencentes à unidade denominada Granito Teles Pires. A unidade aquífera fraturada apresenta a infiltração, o escoamento e a reservação das águas subterrâneas ocorrendo através de fraturas, fendas e diáclases nas rochas cristalinas regionais. Esta característica traz como reflexo uma distribuição heterogênea das zonas de acumulação de água, que variam lateralmente e em profundidade.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 10
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

A variação se deve ao grau de fraturamento, sendo maior nos planos de fraturas decorrentes da tectônica rúptil. Em profundidade, apresenta uma diminuição rápida da permeabilidade em razão do fechamento das fraturas com o aumento da profundidade, tornando-se raras ou ausentes abaixo de algumas dezenas de metros.

4.4. MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO

De acordo com **BOMFIM et al. (2006)** a bacia hidrográfica do rio Teles Pires é dividida em seis domínios hidrogeológicos, a saber:


- Domínio 1 - Formações Cenozóicas (Aquífero Poroso)
- Domínio 2 - Bacias Sedimentares (Aquífero Poroso)
- Domínio 3 - Poroso / Fissural (Aquífero Misto)
- Domínio 4 - Metassedimentos/Metavulcânicas (Aquífero Fissural)
- Domínio 5 - Vulcânicas (Aquífero Fissural)
- Domínio 6 - Cristalino (Aquífero Fissural)

Os domínios hidrogeológicos estão associados a um conjunto de rochas que compõe três grandes unidades tectonoestruturais existentes na área: o Cráton Amazônico, com faixas móveis paleo a neoproterozóicas e coberturas proterozóicas; a Província Tocantins, representada pela Faixa Paraguai; e as coberturas fanerozóicas relacionadas às bacias do Alto Tapajós, do Parecis e do Paraná, além de sedimentos cenozóicos, aluviões recentes e manto de alteração das rochas regionais (**BOMFIM et al., 2006**).

Na AID da UHE São Manoel foram identificados quatro domínios hidrogeológicos, especificamente os domínios 1, 3, 5 e 6, que serão descritos a seguir, baseados em **BOMFIM et al. (2006)** e nas observações de campo.

O Domínio 1 compreende aquíferos granulares desenvolvidos em sedimentos de idade cenozóica, como as coberturas detrito-lateríticas e os depósitos aluvionares que compõem a Formação Ronuro. Desenvolve-se no leito do rio Teles Pires e corresponde a um aquífero poroso que apresenta média a alta favorabilidade para captações de águas subterrâneas.

O Domínio 3 abrange aquíferos formados por arenitos, arcóseos, siltitos e argilitos vermelhos, com intercalações locais de conglomerados polimíticos, litotipos do Grupo Beneficente. Corresponde a um aquífero poroso e fraturado, sendo, portanto, um aquífero misto com maior ocorrência a jusante da barragem. O Domínio Hidrogeológico 3 apresenta permeabilidade relativa média a baixa, com fluxo


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 11
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

contínuo, podendo ser localmente descontínuo devido à diferenciação litológica ou à presença de fraturas.

O Domínio 5 é representado na bacia hidrográfica do rio Teles Pires por uma sequência de rochas félsicas e depósitos piroclásticos de fluxo, intercalados com derrames intermediários e rochas vulcanoclásticas, pertencentes à Suíte Colíder. Corresponde a um Aquífero Fraturado, sendo o domínio com maior expressão em área na AID de UHE São Manoel. O comportamento hidrodinâmico é livre a semiconfinado e a permeabilidade relativa é média a baixa.

O Domínio 6 é constituído por granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, corpos básicos e ultrabásicos das seguintes unidades geológicas: Suítes Vitória e Nova Canaã, Intrusivas Básicas Guadalupe, Suítes Intrusivas Matupá, Flor da Serra, Teles Pires, Juruena e Paranaíta, Granitos Apiacás, São Romão, São Pedro e Nhandu, Alcalinas Rio Cristalino e Complexos Nova Monte Verde e Cuiú-Cuiú. Esse domínio é caracterizado pela ausência de porosidade primária, impondo que o fluxo, a alimentação e a descarga das águas subterrâneas estejam associados a fissuras, fraturas, juntas ou ainda à falhas que ocorrem nessas litologias, sendo classificado como um aquífero fraturado.

Assim, com base nas descrições de **BONFIM *et al.* (2006)** está ilustrado na **Figura 3** o mapa hidrogeológico da UHE São Manoel.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 12
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

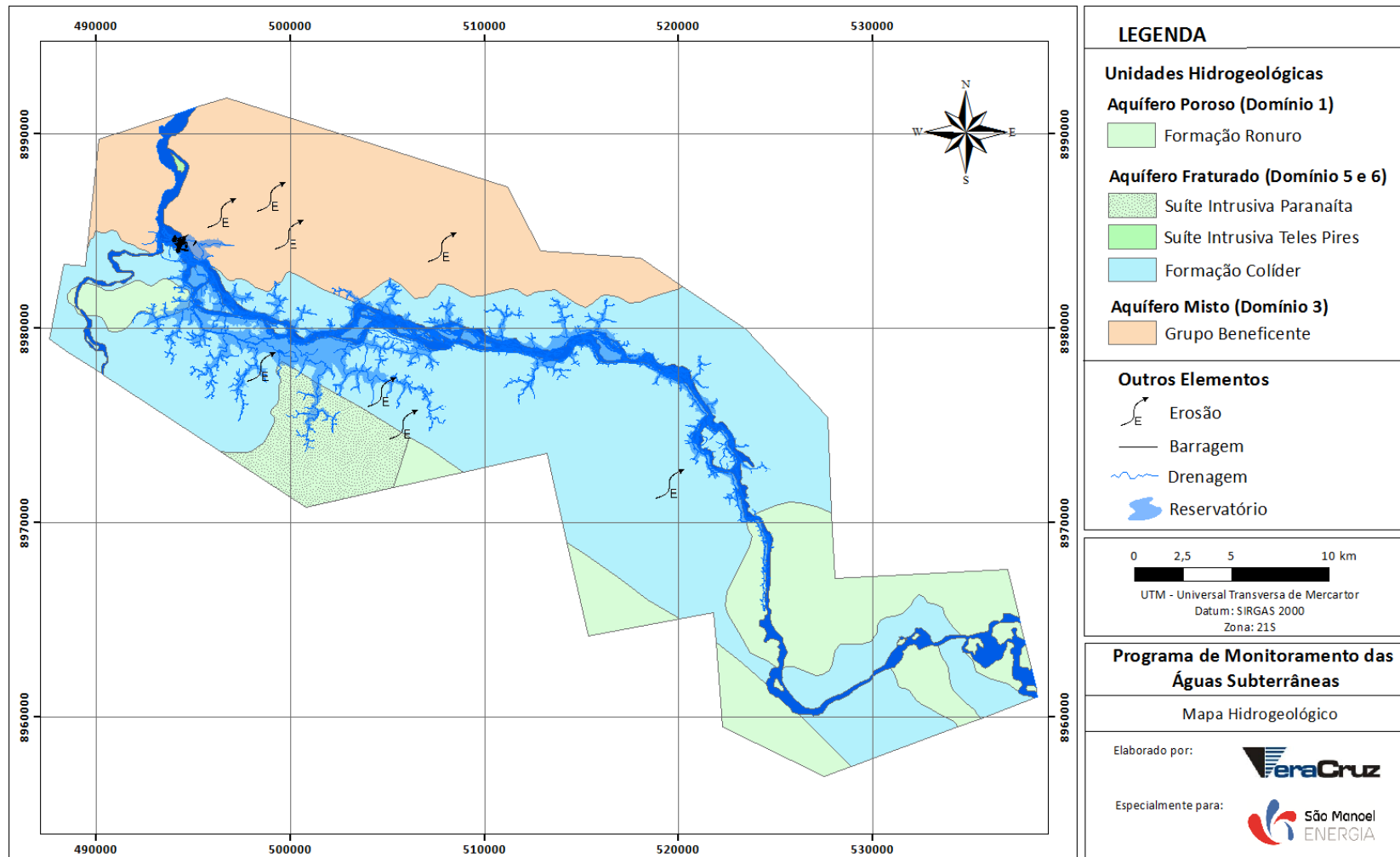



Figura 3. Mapa hidrogeológico da UHE São Manoel (adaptado de BONFIM *et al.*, 2006).


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 26/05/15 Página 13
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

5. LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DOS PIEZÔMETROS E POÇOS DE MONITORAMENTO

Em janeiro de 2015, foi iniciada pela equipe da VERACRUZ a campanha de perfuração dos piezômetros (**Figuras 4 e 5**), sendo que até o final de fevereiro de 2015 foram perfurados 10 piezômetros, cinco de monitoramento de qualidade da água e nível (PM), e cinco exclusivamente para a medição de nível (PZ). O **Quadro 2** e a **Figura 6** mostram a localização dos piezômetros e poços de monitoramento perfurados nessa primeira etapa para o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas na AID da UHE São Manoel.



Figura 4 – Demonstração de algumas etapas para perfuração e instalação dos piezômetros. **(A)** perfuração do solo; **(B)** piezômetro instalado; **(C)** separação das amostras de solo; **(D)** trado com amostra de solo retirada da sondagem.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 26/05/15 Página 14
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

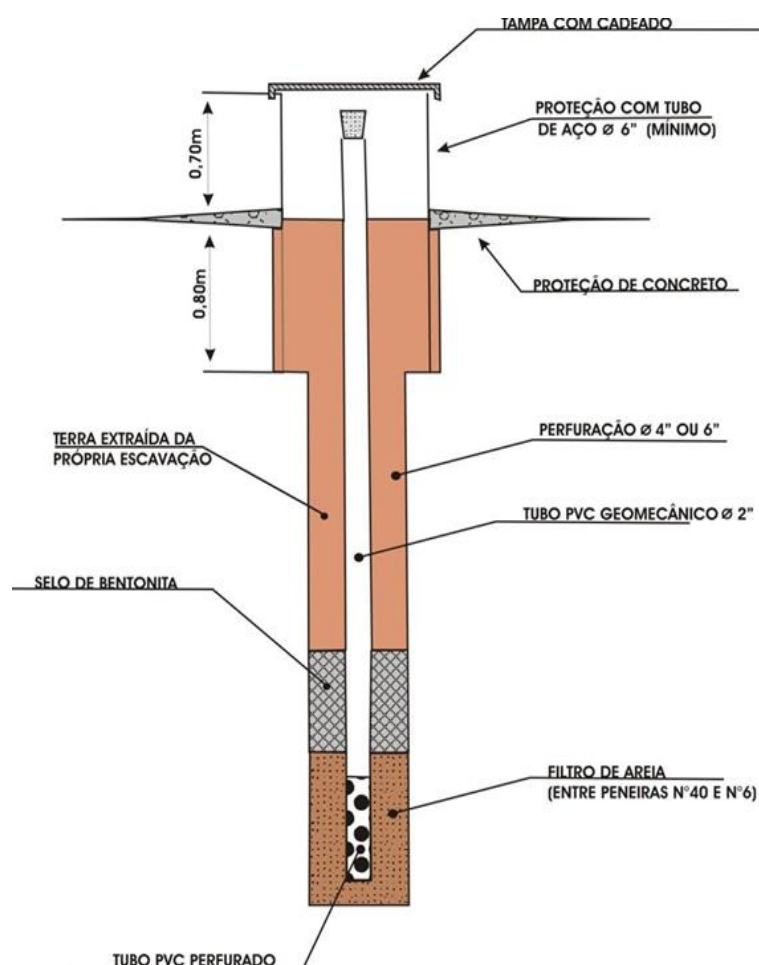



Figura 5 – Demonstração do perfil dos piezômetros instalados para execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE São Manoel.

Quadro 2. Localização e características gerais dos piezômetros e poços instalados para o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas. As coordenadas e cotas das bocas dos furos serão ainda aferidas com GPS de alta precisão sendo que poderão ocorrer pequenas alterações.

Piezômetro	Localização	Coordenadas WGS 84 (21L)		Profundidade (m)
		X	Y	
PZ-01	Entrada da pousada Portal do Amazonas	552567	8972104	5,70
PZ-02	Pista de pouso	520681	8977583	7,35
PZ-03	Estrada do porto da Pousada Mantega	498775	8978669	5,60
PZ-04	Margem esquerda do canal: Pousada Mantega	495248	8980106	6,00
PZ-08	Estrada para o garimpo do Aragão	505861	8975148	2,80
PM-01	Final da Estrada para garimpo do Aragão	505264	8976301	7,25
PM-02	Aterro sanitário da obra	496495	8986719	4,50
PM-03	Antes da portaria da Obra	498042	8986885	4,70
PM-04	ETE da obra	496694	8986962	9,00
PM-05	Posto de combustível da obra	496825	8985525	6,95

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 26/05/15 Página 15
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

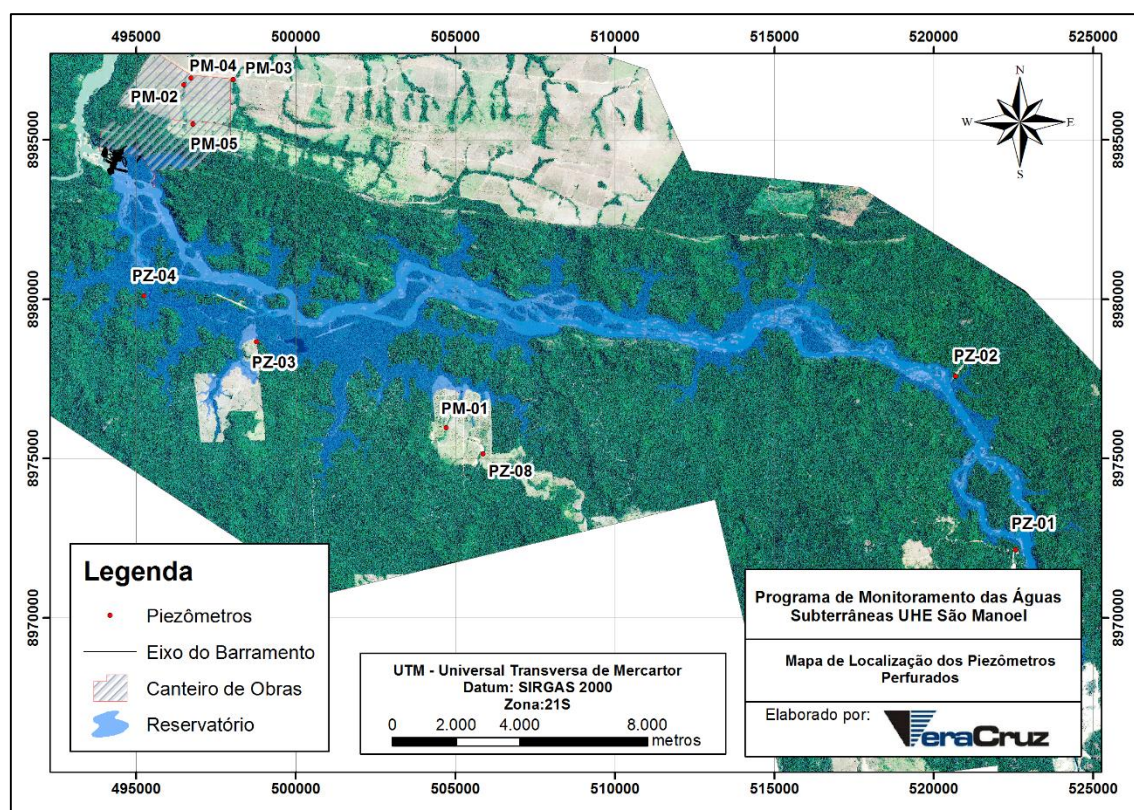



Figura 6. Localização dos piezômetros e poços perfurados para execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas na AID da UHE São Manoel.

Além dos piezômetros que já estão sendo monitorados, diversos outros furos foram realizados sem sucesso na obtenção do nível d'água. Ressalta-se que as sondagens realizadas nesses locais serão utilizadas para a modelagem do lençol freático. Os pontos extras perfurados estão apresentados resumidamente no **Quadro 3**.

Quadro 3. Locais em que foram realizadas sondagens, sem obtenção do nível d'água.

Piezômetro	Coordenadas WGS 84 (21L)		Profundidade (m)
	X	Y	
PZ-02 (1)	517407	8978770	3,80
PZ-02 (2)	517047	8979254	3,50
PZ-02 (3)	517195	8979009	4,00
PZ-05 (1)	497294	8981229	3,00
PZ-05 (2)	497196	8981245	1,00
PZ-05 (3)	497182	8981263	9,00
PZ-05 (4)	499618	8980400	9,30
PZ-06 (1)	494311	8982901	2,00
PZ-06 (2)	494386	8982889	1,00
PZ-06 (3)	494402	8982910	3,00
PZ-06 (4)	495133	8984567	2,80
PZ-07	494367	8982464	14,00

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 26/05/15 Página 16
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

Salienta-se que na primeira etapa de perfuração dos piezômetros não foram concluídas as sondagens de PZ-05, PZ-06 e PZ-07. Os locais escolhidos inicialmente para a instalação desses piezômetros, englobavam em todos os casos, relevo montanhoso com topos angulosos formados por campos de matações em rocha muito fraturada. As litologias encontradas nesses pontos possuem caráter ígneo, composto por granitos, riolitos e rochas granitoides associadas.


O lençol freático em relevos com grande amplitude tende a acompanhar a topografia, no entanto, a oscilação do nível estático em cotas mais elevadas é muito maior do que em cotas mais baixas. Dessa forma, a possibilidade do piezômetro não ter nível d'água no decorrer das campanhas de monitoramento é muito elevada, dificultando assim a obtenção de informações contínuas e homogêneas, prejudicando a geração de modelos de fluxo confiáveis. Além disso, em topos de morros o nível d'água tende estar limitado às regiões fraturadas, sendo que essas zonas não podem ser modeladas através do *software* MODFLOW, utilizado para a elaboração do prognóstico de elevação do lençol freático.

Considerando esses fatores, e levando-se em conta que o objetivo desse programa de monitoramento consiste no estudo do comportamento do lençol freático, conforme as variações hidrológicas naturais e induzidas pelo reservatório, a VERACRUZ recomendou a realocação dos piezômetros localizados nas encostas declivosas para locais com relevo plano e suave ondulado, sendo a proposta aprovada pelo IBAMA no início de mês de junho de 2015. Essa realocação beneficia o monitoramento, no sentido de que possibilitará o acompanhamento contínuo dos níveis freáticos em todos os períodos hidrológicos e no decorrer de todo o período de monitorado, além de possibilitar a utilização dos dados para a elaboração do estudo de Modelagem do Lençol Freático.

Deve-se considerar também que as posições iniciais dos referidos piezômetros não abrangiam a análise de locais com moradias e atividades econômicas, sendo exclusivamente para o monitoramento das alterações de nível nas margens do reservatório.

Com a realocação dos piezômetros, além das vantagens citadas anteriormente, o monitoramento passa a abranger áreas utilizadas para atividades econômicas e áreas a jusante do empreendimento, nas terras das etnias indígenas.


O **Quadro 4** apresenta as novas posições recomendadas e aprovadas para os pontos de monitoramento de nível d'água PZ-05, PZ-06 e PZ-07. Todos esses piezômetros já foram perfurados e serão monitorados a partir da campanha de agosto de 2015. A **Figura 7** ilustra as posições propostas e aprovadas para instalação dos piezômetros PZ-05, PZ-06 e PZ-07, e a **Figura 8** mostra alguns dos piezômetros instalados.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 26/05/15 Página 17
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

P.10 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

Quadro 4. Localização inicial e final dos piezômetros PZ-05, PZ-06 e PZ-07. As coordenadas e cotas das bocas dos furos serão ainda aferidas com GPS de alta precisão, sendo que poderão ocorrer pequenas alterações. Na última coluna são apresentadas as profundidades dos piezômetros.

PZ	Localização: Proposição Inicial (PBA)		Localização: Proposição Final		
	Características Gerais	Coordenadas WGS 84 (21L)	Características Gerais	Coordenadas WGS 84 (21L)	Profundidade (m)
PZ-05	Margem direita em relevo montanhoso. Área sem moradias e atividades econômicas.	497641 8981190	Área do Processo 850.614/2007 em fase de autorização de pesquisa, em relevo suave ondulado.	507914 8980460	11,40
PZ-06	Margem esquerda em relevo montanhoso - Alojamento Dona Ester. A moradia será retirada do local em breve.	494314 8982904	Área do Processo 867.404/2010 em fase de autorização de pesquisa, em relevo plano. No local já existe extração de minério de ouro.	500522 8974783	9,20
PZ-07	Margem direita – Próximo à enseadeira da obra	495347 8984565	A jusante do empreendimento, a cerca de 8 km da barragem. O local seria adequado para o monitoramento das alterações nos níveis freáticos nas terras indígenas	494195 899000	7,47

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 26/05/15 Página 18
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

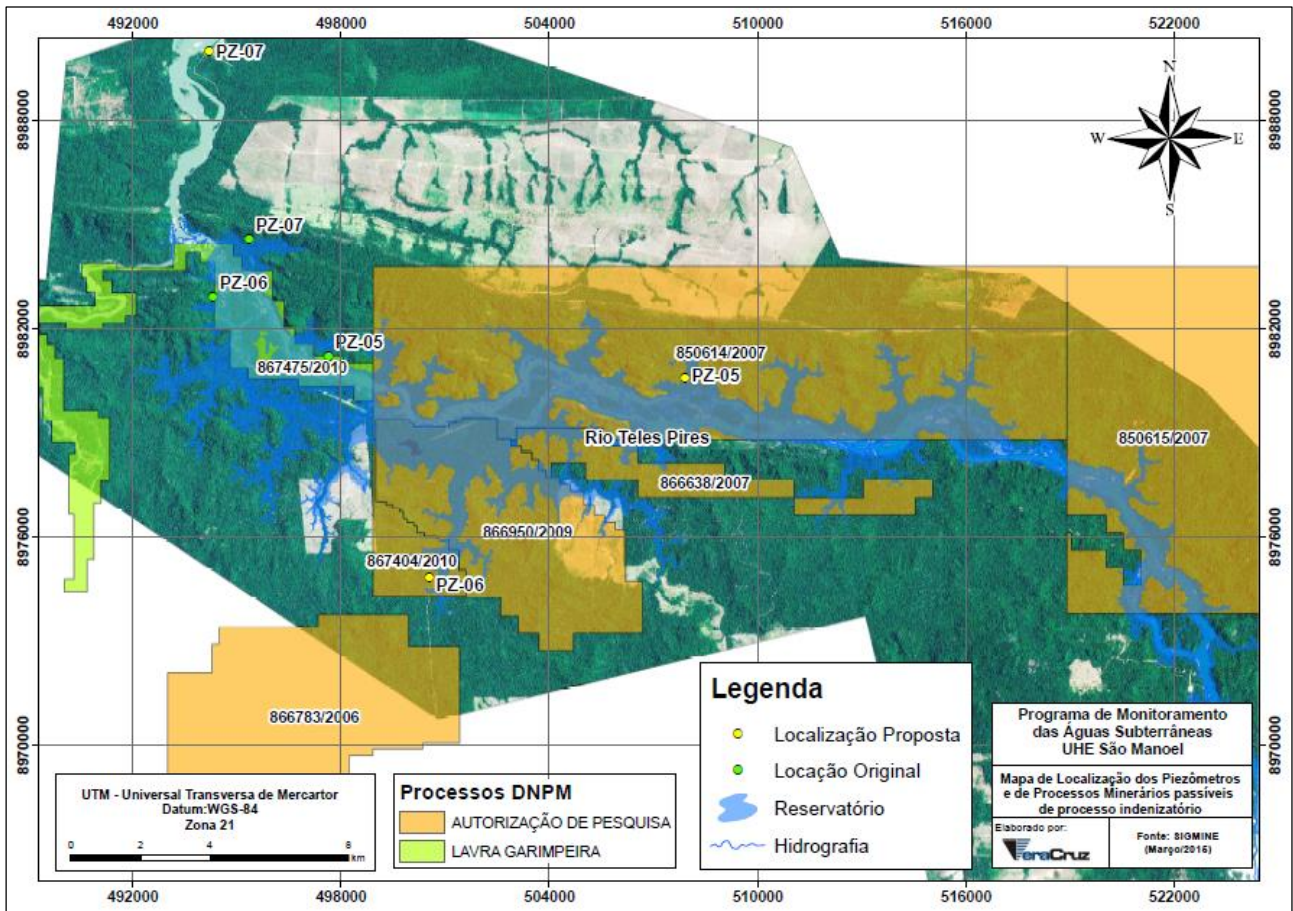


Figura 7. Nova localização aprovada dos piezômetros PZ-05, PZ-06 e PZ-07. O mapa destaca os processos minerários em que os piezômetros estão localizados. Eles contribuirão para a verificação da possível elevação dos níveis freáticos após o enchimento do reservatório.



Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 19
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		



Figura 8. Fotos dos piezômetros perfurados. (A) PM-01; (B) PM-02; (C) PM-03; (D) PM-04; (E) PZ-06; (F) PM-05; (G) PZ-07.

5.1. DESCRIÇÃO DAS SONDAgens

Por meio da caracterização tátil-visual, constatou-se que o solo no perfil vertical é predominantemente argiloso, com alguma presença de areia fina e silte que em sua maioria é proveniente de alteração de rocha. Além da análise tátil-visual, foram realizados ensaios de granulometria conjunta, cujos resultados estão apresentados resumidamente nas **Figuras 9 a 20**, e de forma completa no **Anexo 1**. A partir destas análises constatou-se que a fração fina é predominante em praticamente todos os perfis

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 20
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

P.10 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

analisados, no entanto, as amostras apresentam proporções variáveis entre argila, silte e areia fina, conforme pode ser visto nas figuras adiante.

Ressalta-se que o PZ-05 foi o último a ser perfurado e as amostras estão em fase de análise no laboratório.

Além das análises granulométricas e táctil-visuais foram também realizados ensaios de permeabilidade em solos nas sondagens realizadas. Os resultados destes ensaios, bem como o relatório completo de sondagens será apresentado nos próximos relatórios após a conclusão de todas as sondagens e aferição das bocas dos furos com GPS de precisão.

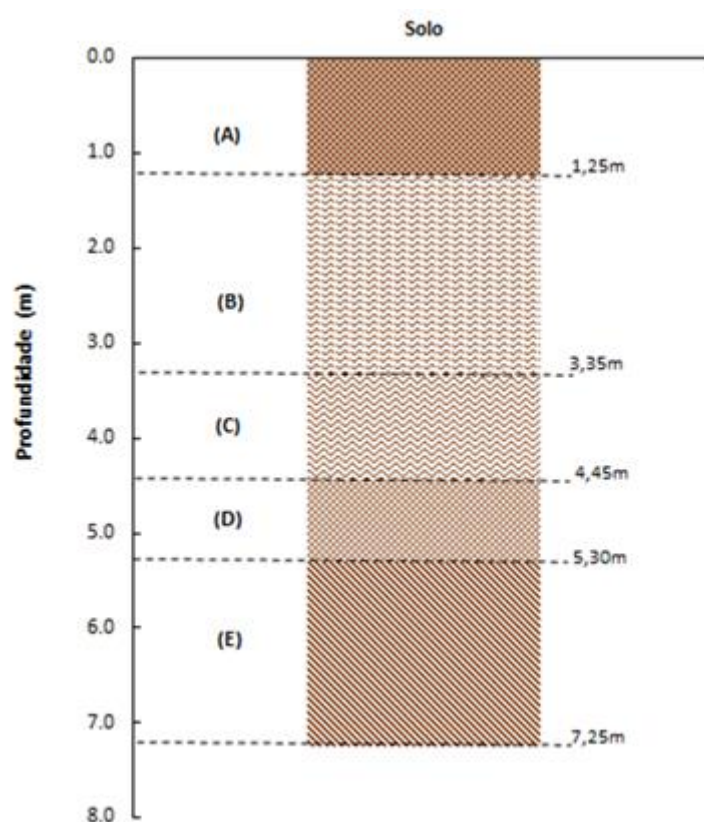



Figura 9. Representação do perfil de sondagem do PM-01. **(A)** Argila; **(B)** Argila; **(C)** Franco Argilo-Siltoso; **(D)** Argila Siltosa; **(E)** Franco Siltoso.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 21
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

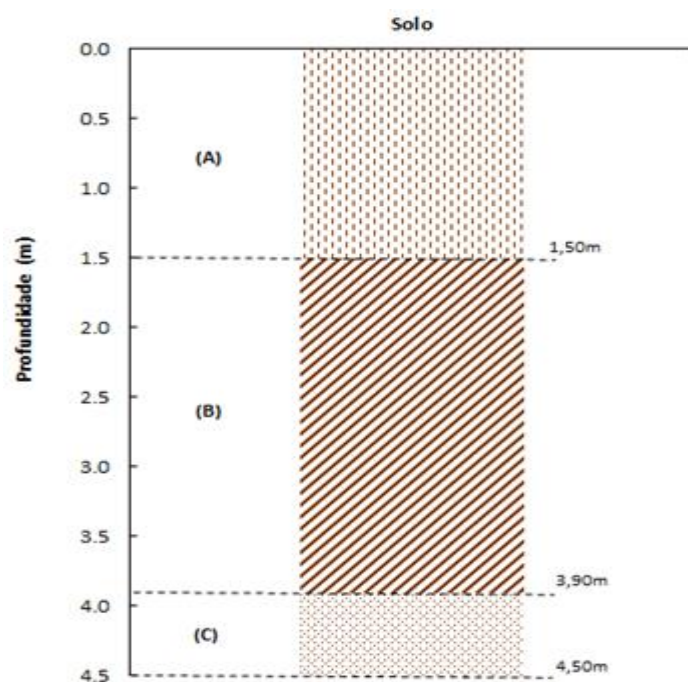


Figura 10. Representação do perfil de sondagem do PM-02. **(A)** Argila; **(B)** Franco Argiloso; **(C)** Franco Argilo-Arenoso.

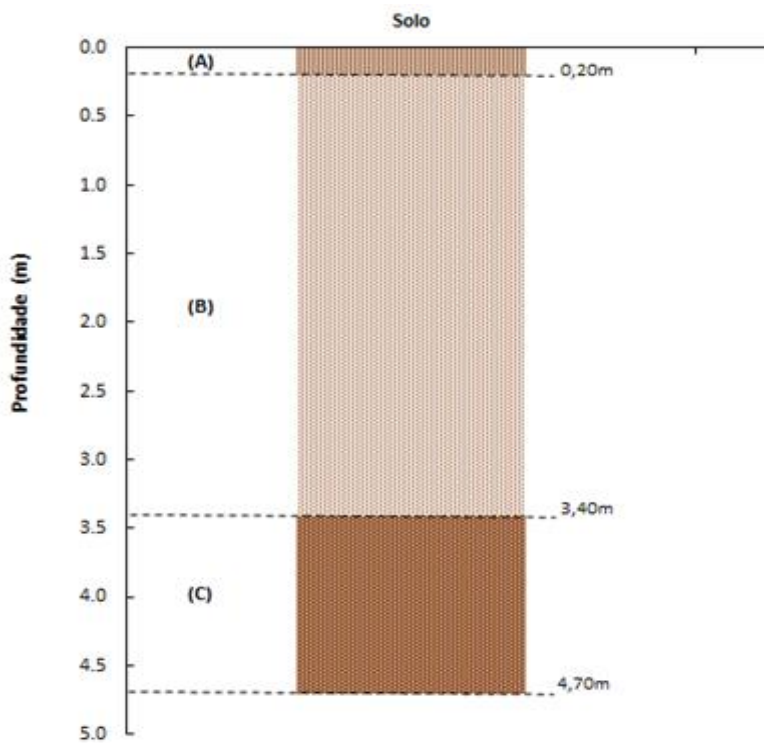



Figura 11. Representação do perfil de sondagem do PM-03. **(A)** Franco Argiloso; **(B)** Argila; **(C)** Argila Siltosa.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 22
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

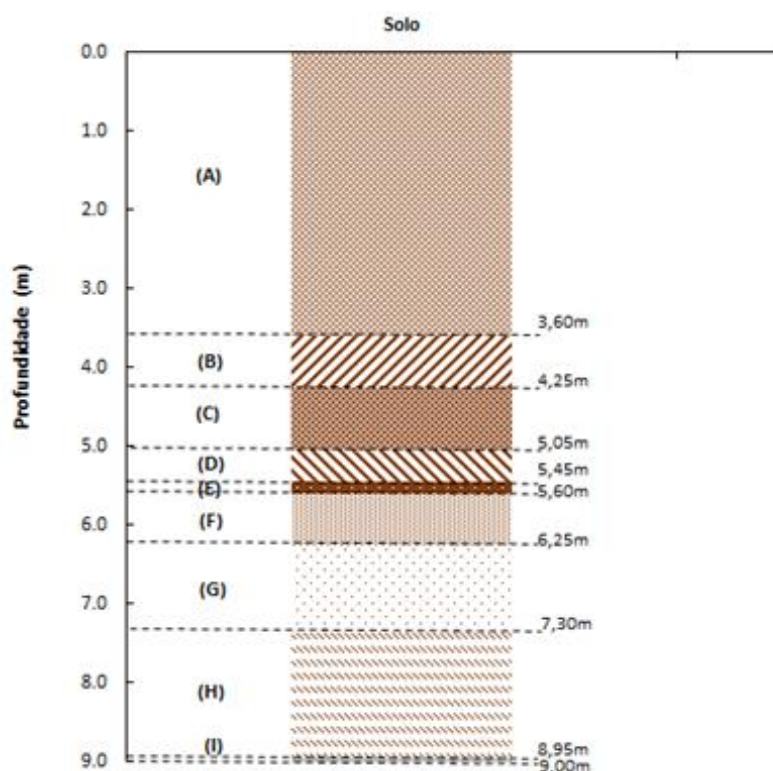


Figura 12. Representação do perfil de sondagem do PM-04. (A) Argila; (B) Franco Argilo-Siltoso; (C) Franco Argiloso; (D) Franco Siltoso; (E) Franco Siltoso; (F) Franco Argilo-Siltoso; (G) Franco Siltoso; (H) Franco Siltoso; (I) Franco Arenoso.

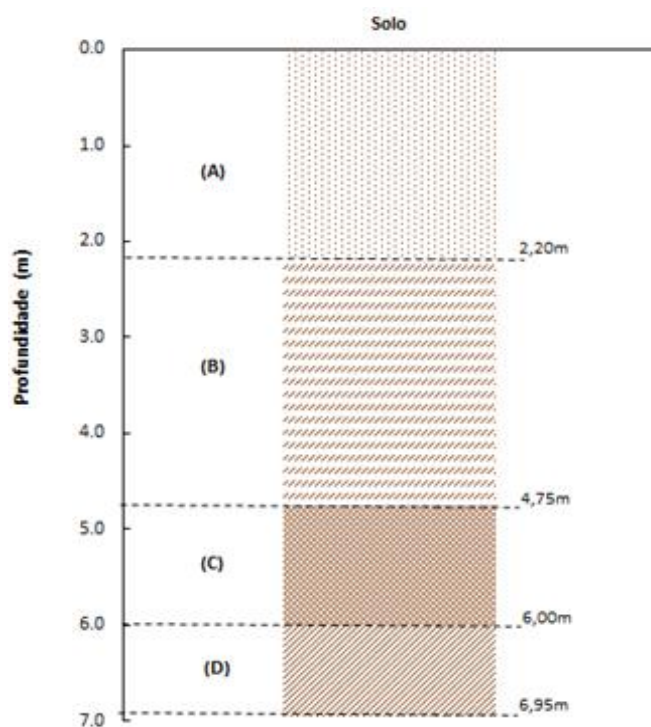


Figura 13. Representação do perfil de sondagem do PM-05. (A) Franco Arenoso; (B) Franco Argilo-Siltoso; (C) Franco Arenoso; (D) Franco Siltoso.

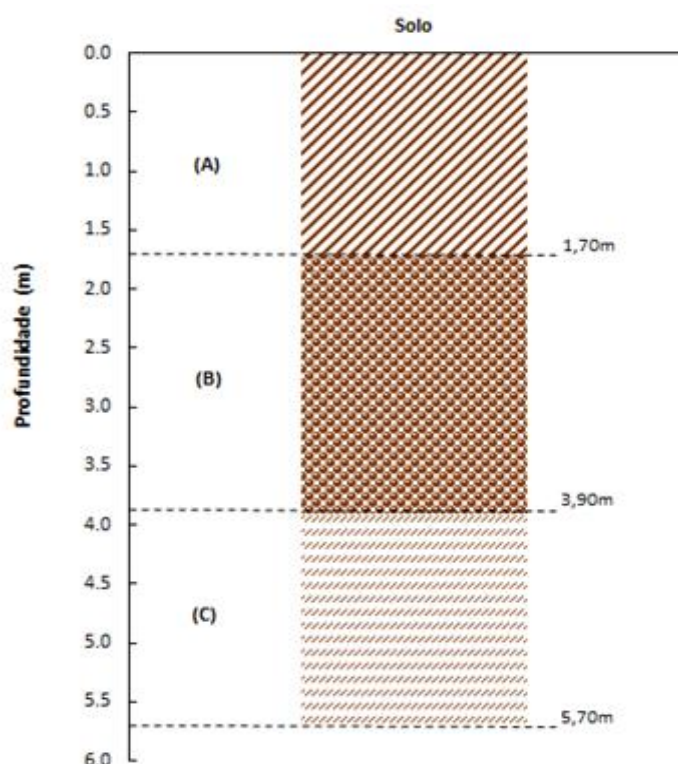


Figura 14. Representação do perfil de sondagem do PZ-01. (A) Argila; (B) Franco Argilo-Siltoso; (C) Franco Siltoso.

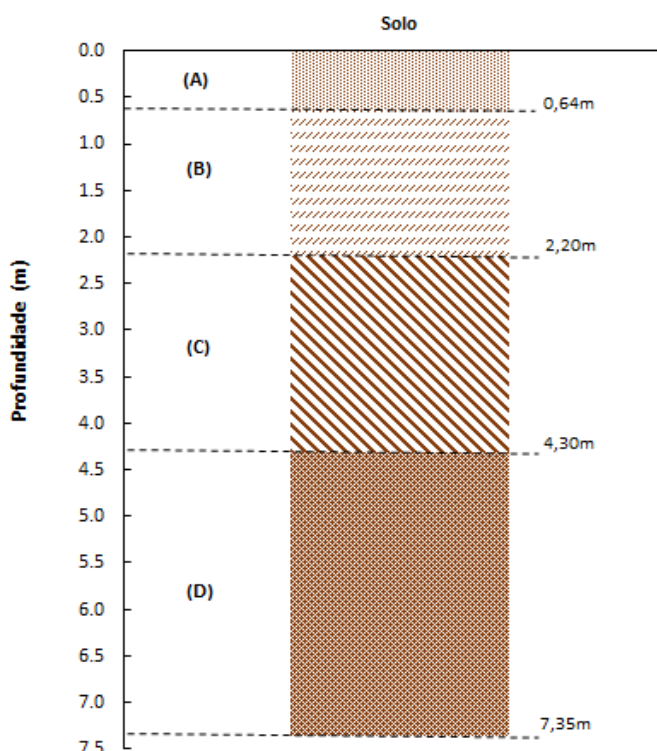



Figura 15. Representação do perfil de sondagem do PZ-02. (A) Argila; (B) Franco Argiloso; (C) Franco Argiloso; (D) Franco Siltoso.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 24
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

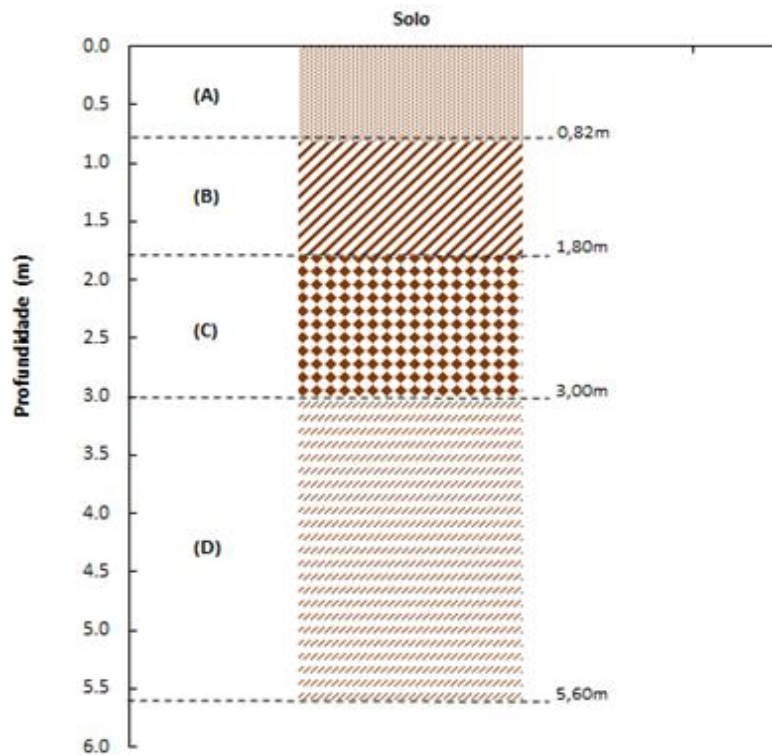


Figura 16. Representação do perfil de sondagem do PZ-03. (A) Franco; (B) Franco Argiloso; (C) Franco Argiloso; (D) Franco Arenoso.

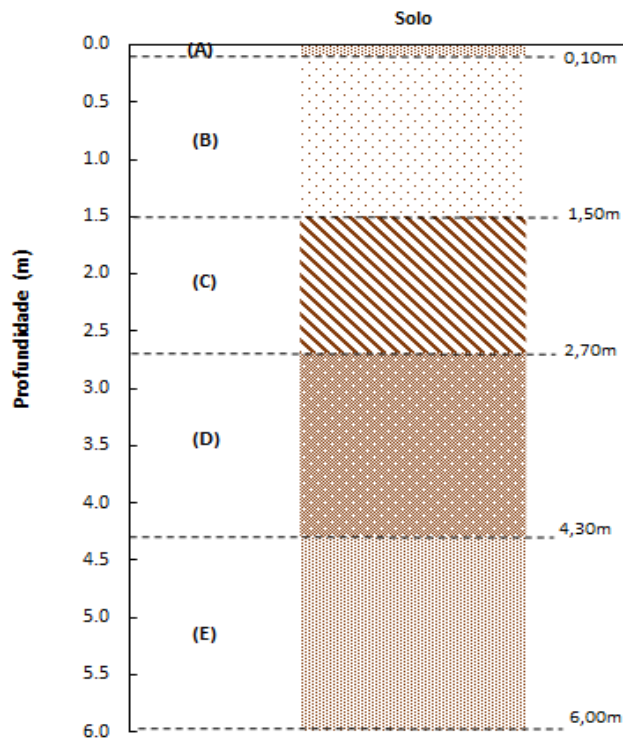



Figura 17. Representação do perfil de sondagem do PZ-04. (A) Franco Argiloso; (B) Argila; (C) Argila; (D) Argila; (E) Argila.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 25
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

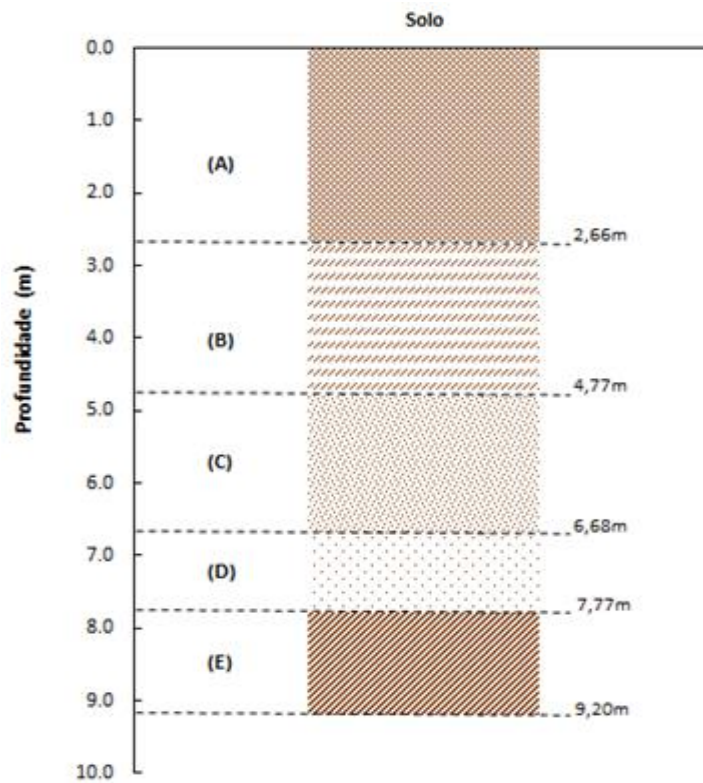


Figura 18. Representação do perfil de sondagem do PZ-06. **(A)** Franco Argilo-Siltoso; **(B)** Franco Siltoso; **(C)** Franco Arenoso; **(D)** Franco Siltoso; **(E)** Franco Siltoso.

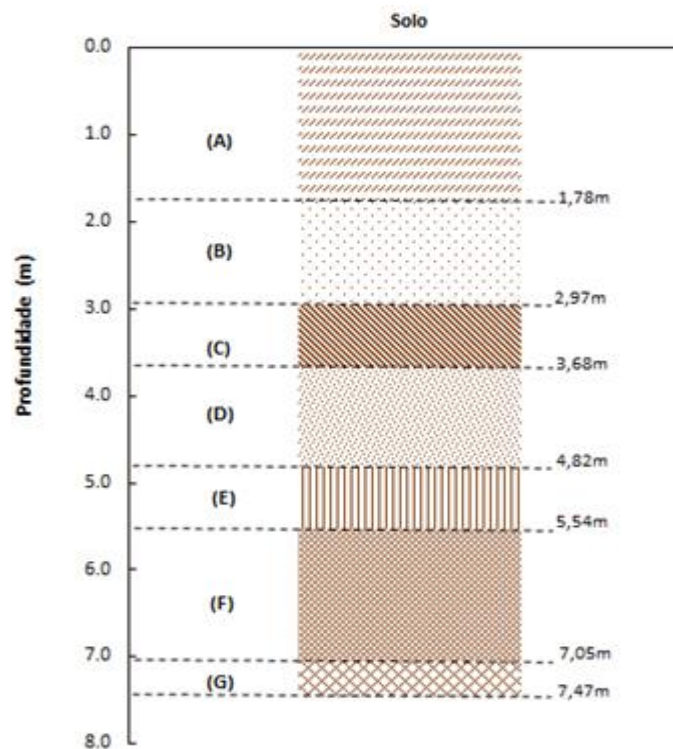



Figura 19. Representação do perfil de sondagem do PZ-07. **(A)** Argila; **(B)** Argila; **(C)** Argila; **(D)** Argila; **(E)** Argila Siltosa; **(F)** Argila; **(G)** Franco Siltoso.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 26
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

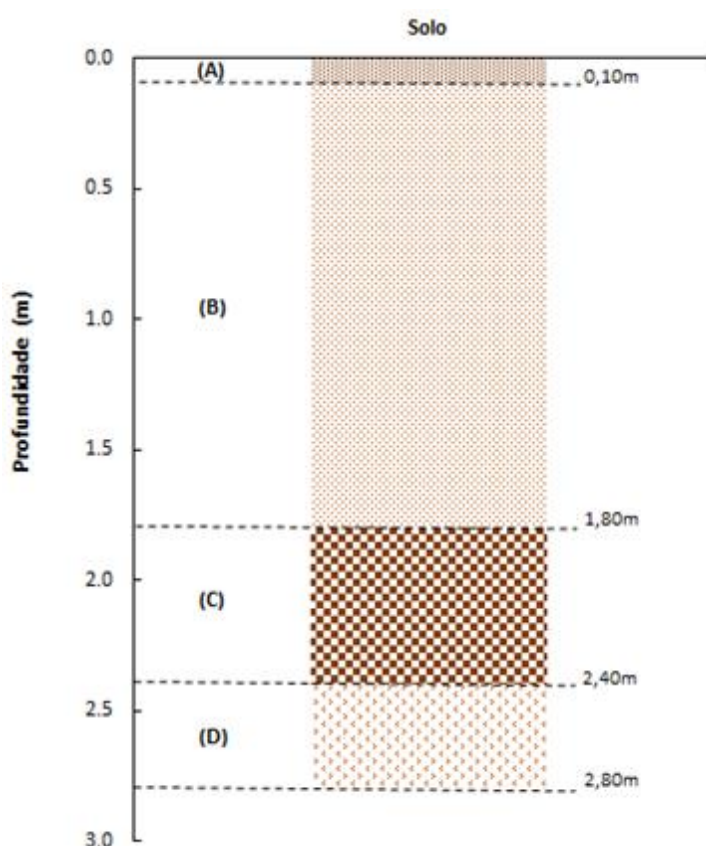



Figura 20. Representação do perfil de sondagem do PZ-08. **(A)** Franco Argiloso; **(B)** Franco Argiloso; **(C)** Franco Argiloso; **(D)** Franco Argiloso.

6. CAMPANHAS DE MONITORAMENTO

Até o momento foram realizadas duas campanhas de monitoramento de nível e qualidade da água subterrânea. Nesse relatório são apresentados os resultados de nível d'água e qualidade da água obtidos na 1ª campanha amostral de 2015, e os resultados de nível d'água obtidos na 2ª campanha realizada em maio de 2015. Os resultados de qualidade da água das amostras coletadas na 2ª campanha de maio de 2015 estão sendo analisadas pelo laboratório especializado e serão apresentadas no próximo relatório semestral.

6.1. RESULTADOS DE NÍVEL D'ÁGUA

A medição do nível d'água nos 10 piezômetros perfurados foi realizada com o medidor de nível elétrico (**Figura 21**). No mês de fevereiro foi realizada medição assim que concluída a sondagem do poço de monitoramento e no início do mês de março foi realizada nova medição no momento em que foi realizada a coleta de água para as análises de qualidade da água.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 27
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

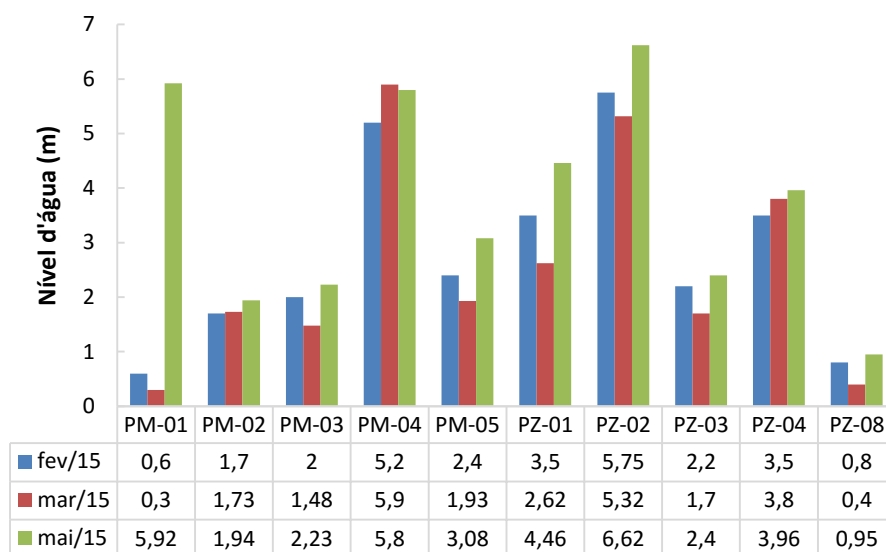



Figura 21. Valores de nível d'água nos 10 piezômetros instalados para a execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE São Manoel. As medições de nível d'água no momento da sondagem do solo foi realizada em fevereiro de 2015 e no momento da coleta das amostras no início de março de 2015. Os valores apresentados já estão descontados a altura da mureta.

Conforme esperado, observa-se que no mês de maio houve uma diminuição no nível do lençol freático, indicando o início do período de vazante, visto que o lençol tende a acompanhar a elevação do nível dos rios da bacia hidrográfica.

6.2. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

As variáveis analisadas são comparadas com os padrões de potabilidade segundo a legislação brasileira vigente, sendo elas, a Resolução CONAMA nº 396/2008 (**BRASIL, 2008**), que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas; e a Portaria MS nº 2.914/2011 (**BRASIL, 2011**), que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portanto, as variáveis que ultrapassarem os limites estabelecidos pela legislação serão ressaltadas.

Entre os dias 02 e 03 de março de 2015 foram realizadas as coletas de água referentes à 1ª campanha amostral de 2015 nos cinco poços de monitoramento de qualidade da água. As amostras foram analisadas nos laboratórios químicos da VERACRUZ e de empresa tercerizada, sendo que serão apresentados os principais resultados obtidos, a seguir. Os resultados completos podem ser analisados nos relatórios de ensaio apresentados nos **Anexos 2 e 3**.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 28
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

6.2.1. Parâmetros Físico-Químicos

Os resultados obtidos com a sonda multiparâmetro são apresentados na **Tabela 2** e nos itens abaixo. Estas análises foram realizadas no mês de fevereiro de 2015, juntamente com a campanha de medições de NA.

Tabela 2. Valores medidos pela sonda multiparâmetro (1ª campanha de 2015). **Temp.:** Temperatura; **pH:** Potencial Hidrogeniônico; **CE:** Condutividade Elétrica; **OD:** Oxigênio Dissolvido; **STD:** Totais de Sólidos Dissolvidos; e **ORP:** Potencial de Óxido Redução.

Piezômetro	Temp. (°C) Água	Temp. (°C) Ar	pH	CE (μ S/cm)	OD (mg/L)	OD (%)	STD (mg/L)	ORP
PM-01	20,7	29,6	7,23	596	4,60	51,8	512,6	+148
PM-02	18,7	28,2	7,05	170	5,86	65,7	146,2	+150
PM-03	16,6	27,4	5,60	12	6,96	78,3	10,3	+163
PM-04	16,3	26,2	6,05	48	5,88	66,0	41,3	+165
PM-05	16,0	26,5	6,53	364	6,12	69,0	313	+133

- Temperatura da água

A temperatura das águas subterrâneas apresentou valores que variaram entre 16,0°C e 20,7°C, com um valor médio de 17,66 °C (**Figura 22**).

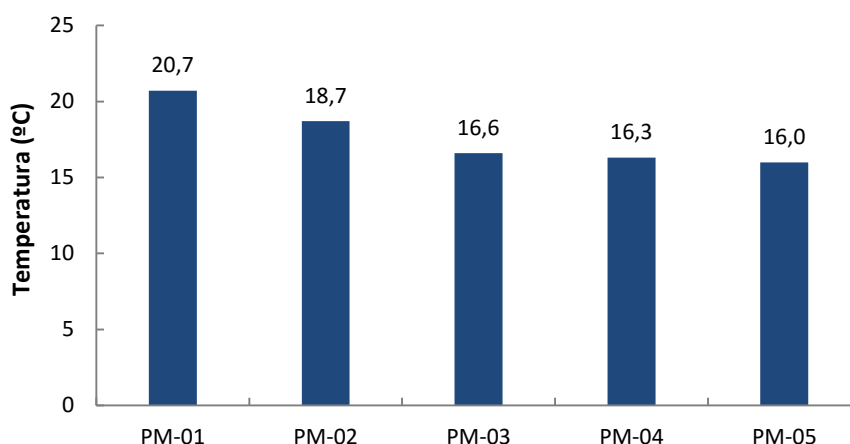



Figura 22. Temperatura das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- pH

O pH representa a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio e afeta diretamente diversas reações químicas que ocorrem no meio aquático. Na 1ª campanha amostral de 2015 o pH das águas subterrâneas apresentou valores que variaram de 5,6 a 7,23 (**Figura 23**). Ressalta-se que

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 29
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

P.10 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

apenas o piezômetro PM-03 apresentou valor ligeiramente abaixo do limite mínimo estabelecido para águas destinadas ao consumo humano, segundo a Portaria MS nº 2.914/2011, que estabelece o pH entre 6 e 9. O valor médio de 6,49 encontrado para o pH nesta campanha também estava dentro do limite permitido.

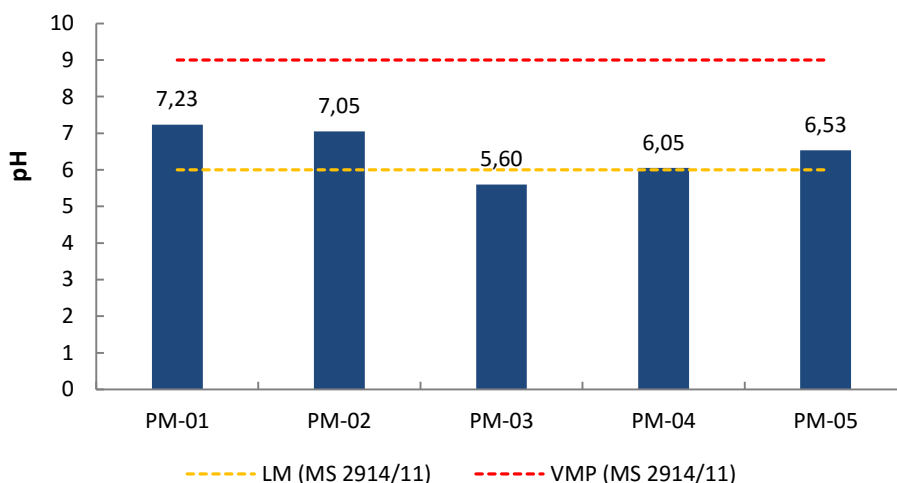


Figura 23. pH das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (LM) Limite mínimo; (VMP) Valor máximo permitido.

- Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com as concentrações iônicas e com a temperatura, indicando a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Na 1ª campanha de 2015 a média da condutividade elétrica foi de 238,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com valores entre 12,0 até 596,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Figura 24**).

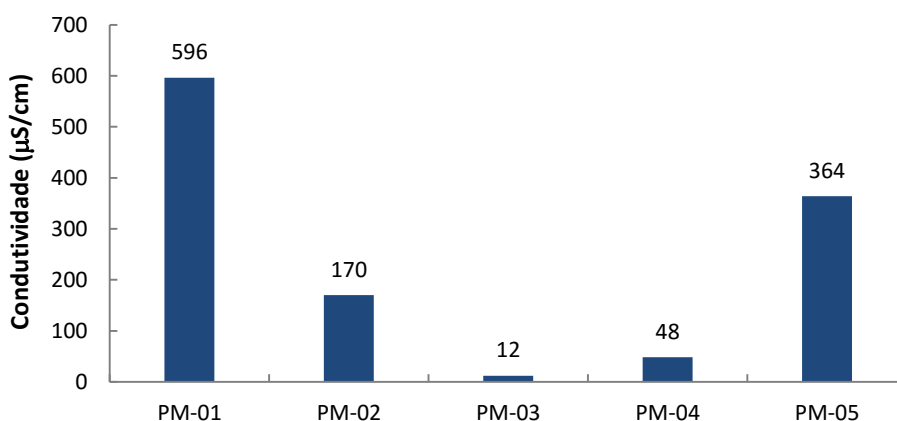



Figura 24. Condutividade elétrica das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 30
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Potencial redox

Na 1ª campanha amostral de 2015 o potencial redox variou de 165 mV (PM-04) a 133 mV (PM-05; **Figura 25**).

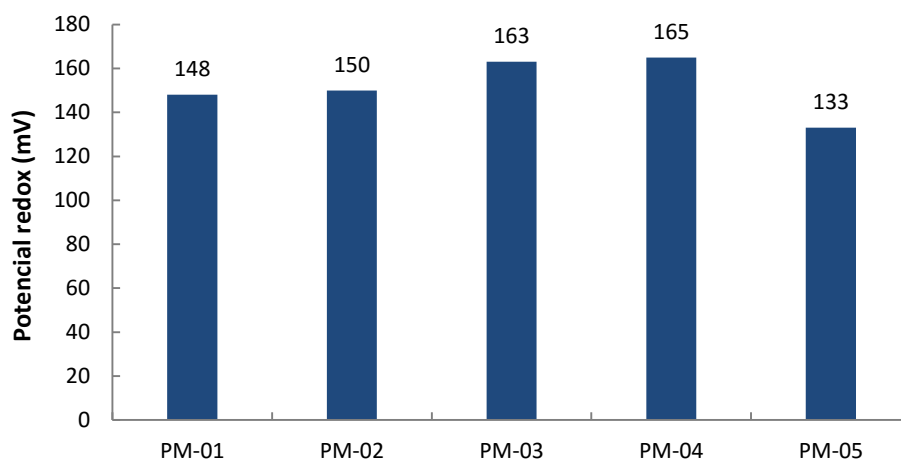


Figura 25. Potencial redox das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Sólidos dissolvidos totais (SDT)

Os sólidos dissolvidos totais representam o peso total de todos os constituintes minerais presentes na água, dividido por unidade de volume, ou seja, a concentração de todo material dissolvido, com exceção dos voláteis (evaporados no processo de secagem) (**FEITOSA et al., 2008**). Os valores de sólidos dissolvidos totais estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008, sendo que os valores mais elevados foram encontrados em PM-01 (512,6 mg/L) e PM-05 (313,0 mg/L) (**Figura 26**).

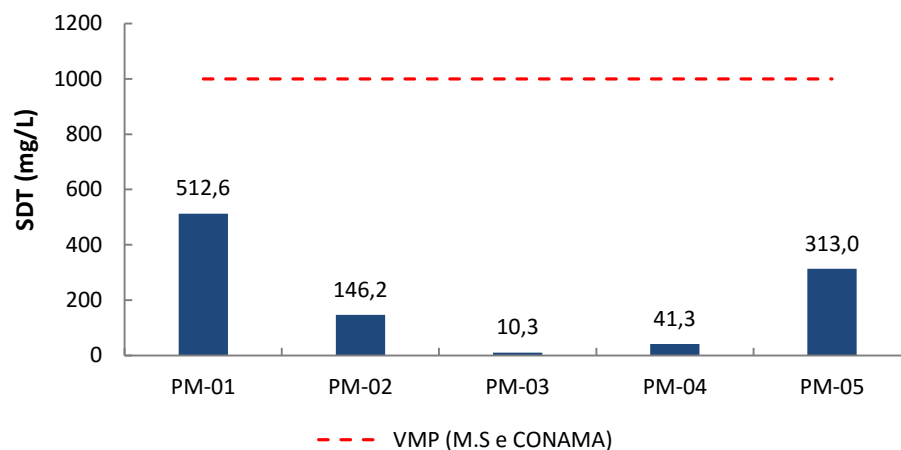



Figura 26. Sólidos dissolvidos totais (SDT) das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 31
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Turbidez

A turbidez representa a dificuldade da água em transmitir a luz. Essa dificuldade é provocada pelos sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica e etc.). Dentre as variáveis físicas dos piezômetros de monitoramento, a turbidez esteve acima do limite máximo estabelecido para águas destinadas ao consumo humano, segundo a Portaria MS nº 2.914/2011, em todos os pontos amostrais.

Os valores de turbidez estiveram muito acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 (<5 NTU), variando de 1159,5 NTU (PM-05) a 174,4 NTU (PM-03; **Figura 27**).

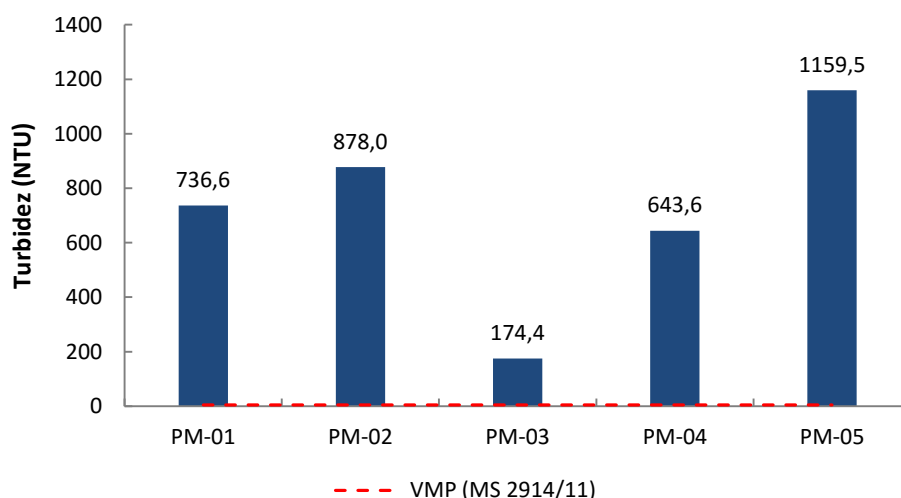


Figura 27. Turbidez das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Cor verdadeira

A cor verdadeira é um parâmetro cuja análise consiste na identificação da coloração da água derivada de substâncias dissolvidas e em suspensão. A cor verdadeira esteve um pouco elevada na maioria dos pontos de monitoramento, variando de 1250 UC (PM-02) a 48 (PM-04; **Figura 28**).

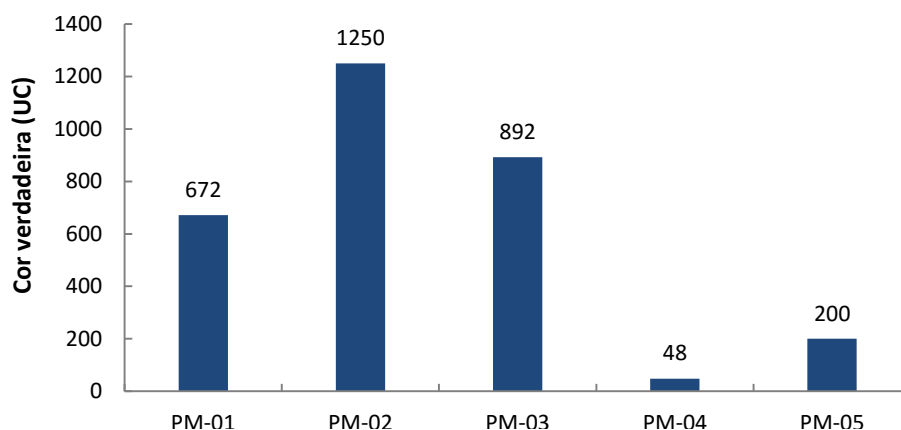



Figura 28. Cor verdadeira das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 32
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

6.2.2. Variáveis Químicas (Exceto Metais)

As variáveis químicas estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e/ou Resolução CONAMA nº 396/2008.

- Alcalinidade

A alcalinidade variou de 476,8 mg/L (PM-01) a 22,4 mg/L (PM-03; **Figura 29**).

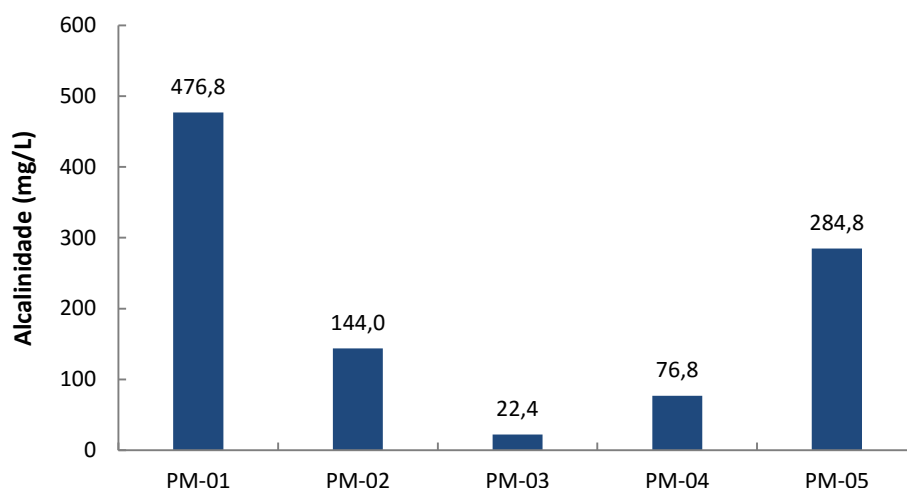



Figura 29. Alcalinidade das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Cloreto

A forma iônica Cl^- é um dos íons mais comuns em águas naturais, esgotos domésticos e em despejos industriais. Mesmo em concentrações elevadas os cloretos não são prejudiciais à saúde humana, porém, conferem sabor salgado a água; contudo, tal propriedade organoléptica não depende exclusivamente da concentração de cloretos, sendo função da composição química global da água. Assim, águas com até 250 mg/L de cloretos tem sabor salgado, enquanto que outras contendo até 1000 mg/L e muito cálcio e magnésio (alta dureza) não apresentam esse gosto. Águas contendo muitos cloretos oferecem prejuízo às canalizações e não são recomendadas para o uso agrícola.

Nessa campanha, o cloreto total variou de 31,97 mg/L (PM-01) a 6,05mg/L (PM-04; **Figura 30**).

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 33
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

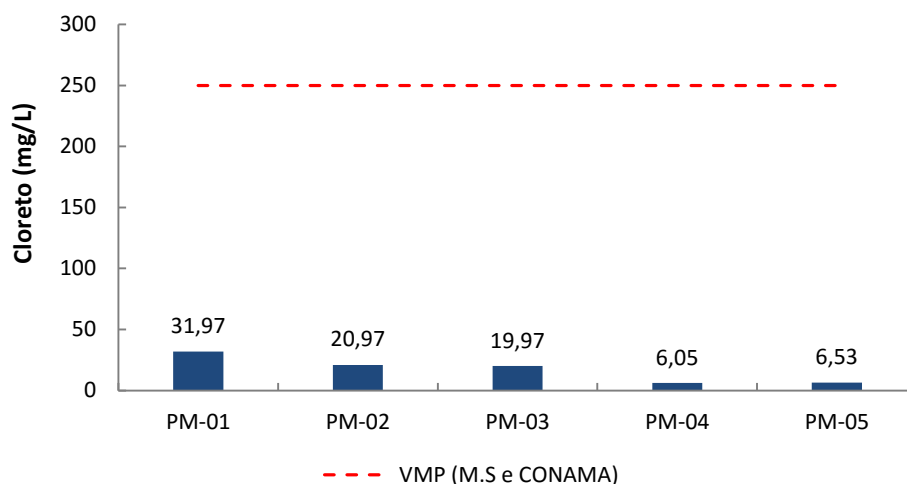


Figura 30. Cloreto das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Dureza total

A dureza total encontrada na água é uma característica conferida pela presença de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio) e de alguns metais em menor intensidade, logo a dureza total encontrada em uma amostra de água, seja ela subterrânea e/ou superficial, é a concentração total de cátions bivalentes, principalmente cálcio e magnésio. Exprime a dureza total em águas, a soma da dureza temporária (durezas de carbonatos) e da dureza permanente (compostos não carbonatados) (**FEITOSA et al., 2008**).

A dureza total variou de 36 mg/L (PM-05) a 28 mg/L (PM-01). Nos outros pontos de monitoramento, os valores estiveram abaixo do limite de quantificação do método (**Figura 31**).

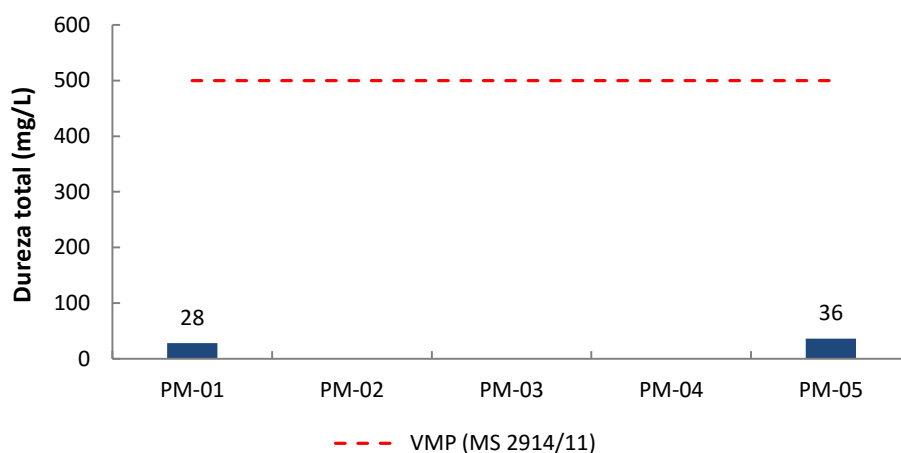



Figura 31. Dureza total das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 34
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Nitrogênio amoniacoal

O nitrogênio amoniacoal pode estar presente em águas subterrâneas e superficiais. Sua concentração é relativamente baixa quando o pH da matriz analisada está na faixa de 6 a 8. Na primeira campanha, o nitrogênio amoniacoal variou de 1,55 mg/L (PM-01) a 0,72 mg/L (PM-03); (**Figura 32**).

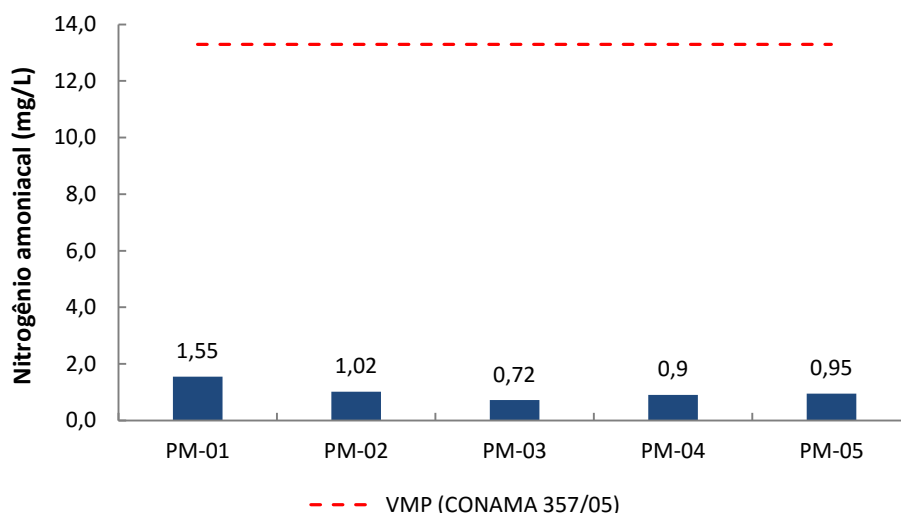


Figura 32. Nitrogênio amoniacoal das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Nitrogênio Kjeldahl total

Os valores de nitrogênio Kjeldahl total variaram de 0,4 mg/L (PM-01 e PM-02) a 0,2 mg/L (PM-04 e PM-05); (**Figura 33**).

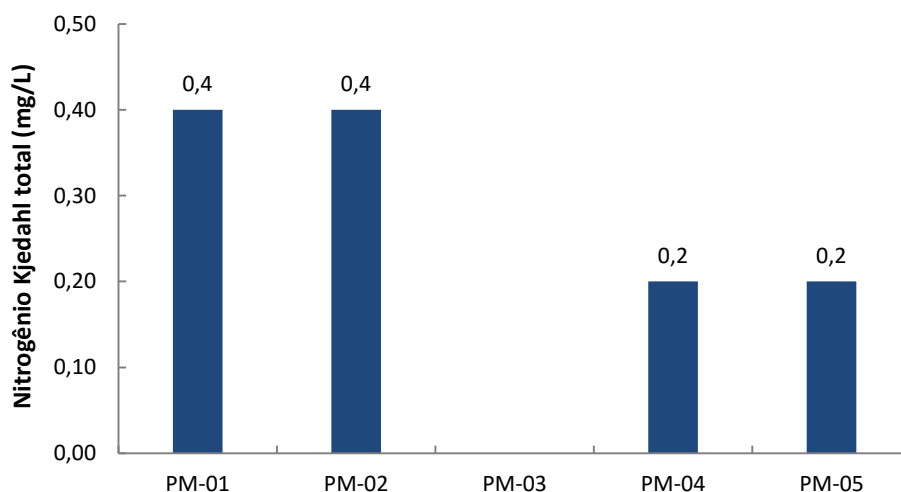



Figura 33. Nitrogênio Kjeldahl total das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 35
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Sulfato

Os sulfatos são altamente solúveis em água e possuem sua composição originada no intemperismo das rochas com minerais de enxofre com galena (PbS), entre outros (FEITOSA *et al.*, 2008). É um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais, sendo que nas águas tratadas o sulfato é proveniente do uso de coagulantes. O controle do sulfato na água tratada é importante, pois a sua ingestão provoca efeito laxativo. O sulfato variou de 10 mg/L (PM-02) a 3 mg/L (PM-03; **Figura 34**), bem abaixo do limite máximo de 250 mg/l.

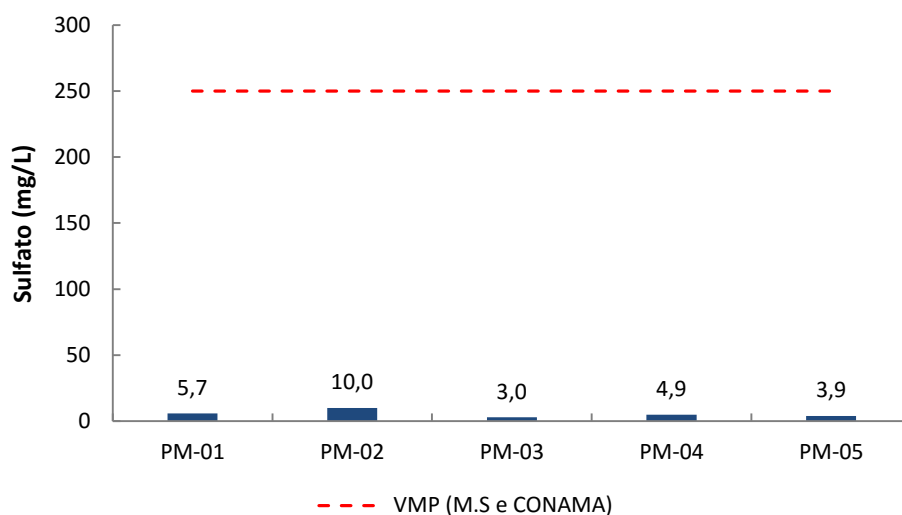



Figura 34. Sulfato das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Oxigênio dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido variaram de 4,60 mg/L (PM-01) a 6,96 mg/L (PM-03; **Figura 35**).

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 36
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

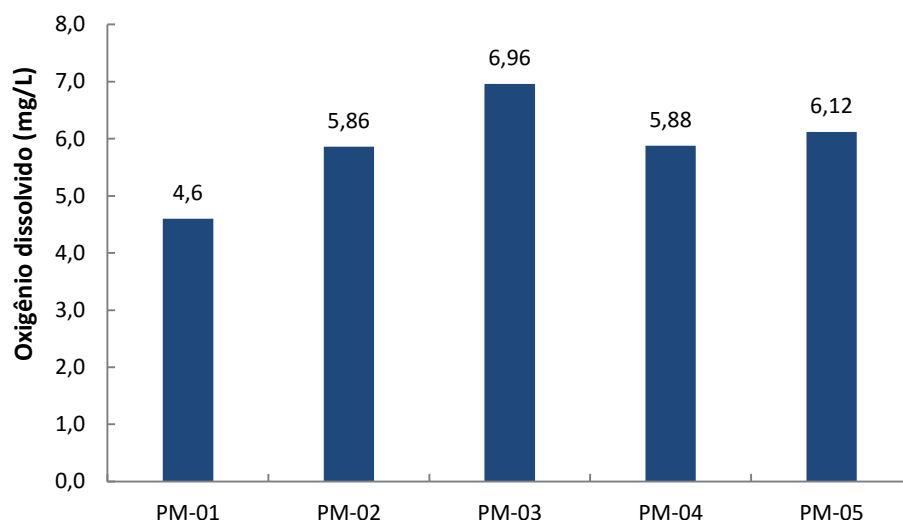


Figura 35. Oxigênio dissolvido das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Saturação de oxigênio

A saturação de oxigênio variou de 51,8 % (PM-01) a 78,3 % (PM-03; **Figura 36**).

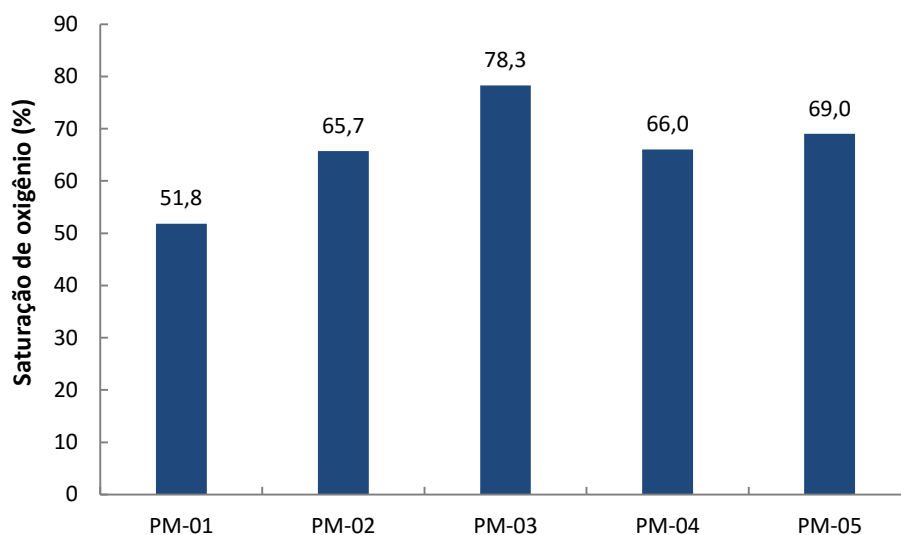



Figura 36. Saturação de oxigênio das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Fluoreto

Não foram detectadas concentrações de fluoreto, pois o íon não está associado à mineralogia das rochas sedimentares e vulcânicas da região.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 37
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

6.2.3. Metais

Com relação aos metais, as concentrações de cádmio (LQ=0,0005 mg/L) e mercúrio (LQ=0,0002 mg/L) estiveram abaixo do limite de quantificação (LQ) do método em todos os pontos de monitoramento. Porém, alguns dos outros metais analisados estiveram acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008, indicando a necessidade de atenção, e verificação de possíveis fontes contaminantes, especialmente no PM-03, localizado próximo ao alojamento da obra, visto os elevados valores de chumbo e cromo. Com relação às outras variáveis acima dos limites máximos estabelecidos, na próxima campanha, esses resultados deverão ser comparados para avaliação de possível melhoria.

- Alumínio dissolvido

A dissolução do alumínio na água subterrânea está diretamente ligada ao pH da água em questão, sendo que a afinidade geoquímica do alumínio está ligada aos valores baixos de pH (pH ácidos, ou ligeiramente ácidos), ou seja, quanto menor o valor de pH maior tende a ser a concentração de alumínio (SHUQUAIR, 2002). Tal pH ácido possibilita a dissolução dos cátions de alumínio das rochas. Este metal deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez.

O alumínio dissolvido esteve acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,2 mg/L) em três pontos de monitoramento, exceto, PM-03 e PM-05. Os valores variaram de 1,5 mg/L (PM-04) a <LQ (PM-05; **Figura 37**).

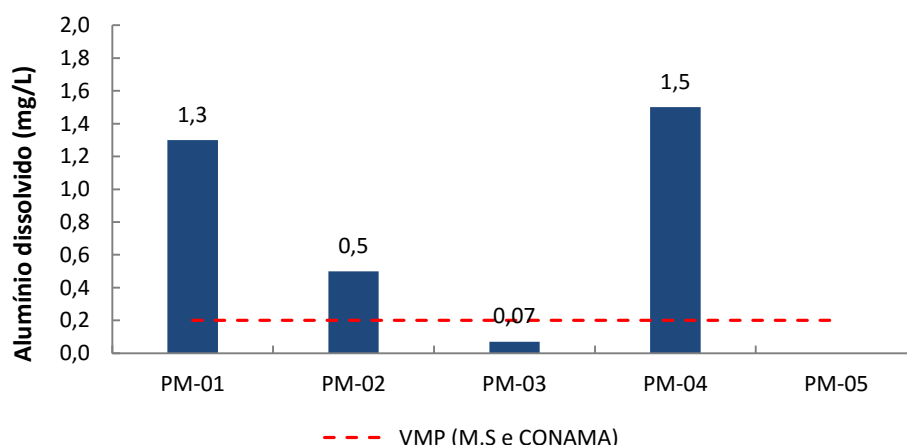



Figura 37. Alumínio dissolvido das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 38
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Cálcio

O cálcio variou de 12 mg/L (PM-05) a 1,5 mg/L (PM-03; **Figura 38**).

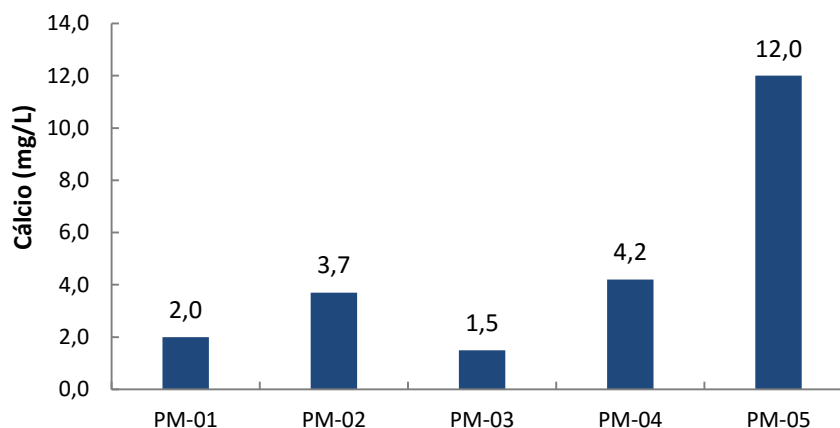



Figura 38. Cálcio das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Chumbo

O chumbo na água subterrânea está diretamente ligado ao pH, quantidade de matéria orgânica, dureza, oxigênio dissolvido e outros metais (como o cádmio) (**SHUQUAIR, 2002**). Quanto mais ácida é a água, maior é a mobilidade do chumbo, que se dá em forma de $PbSO_4$. As atividades antrópicas são as principais causadoras de sua presença nas águas subterrâneas, podendo estar contidos em tintas, soldas, encanamentos, pigmentos, combustíveis, herbicidas e pesticidas. O chumbo é um metal cumulativo no corpo humano, extremamente nocivo, causando tontura, irritabilidade, perda de memória, dentre outros problemas de ordem neurológica (**ALVES et al., 2004**).

Os valores de chumbo estiveram acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,01 mg/L) em três pontos de monitoramento, exceto, PM-02 e PM-05. Os valores variaram de 0,105 mg/L (PM-03) a <LQ (PM-02; **Figura 39**).

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 39
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

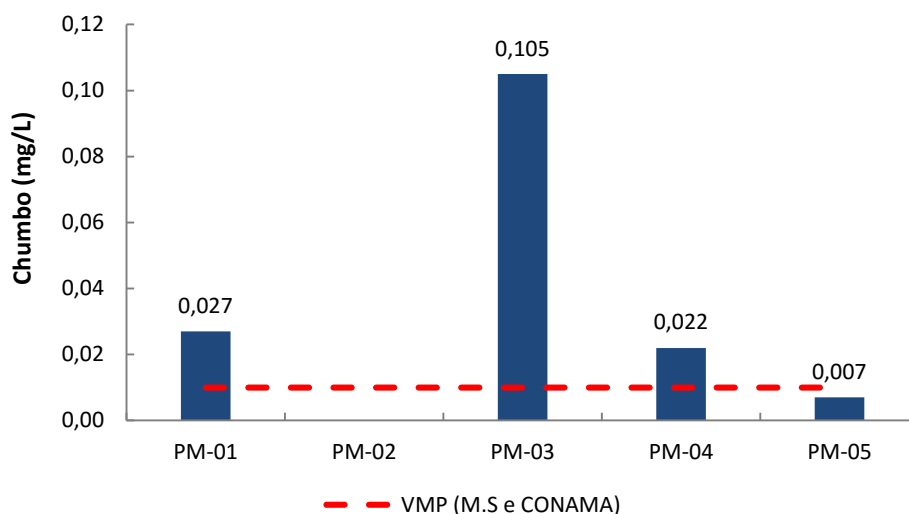



Figura 39. Chumbo das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Cobre dissolvido

A presença de cobre na água subterrânea pode se dar por meio da dissolução de minerais de cobre, como Azurita e Malaquita (variações azuis e verdes do CuCO_3), minerais facilmente precipitáveis em tubulações antigas de chuveiros, e minerais ferro-magnesianos (biotitas, hornblenda e granadas), presentes em rochas graníticas, que podem ter traços de cobre.

Águas com pH ácido favorecem a dissolução do cobre, rompendo ligações do carbonato de cálcio, e liberando ácido carbônico e cobre na água. Em pequenas concentrações, o cobre é essencial para a vida humana, porém, em grandes concentrações pode provocar vômitos (**Schwarzbach e Morandi, 2000**).

O cobre dissolvido esteve acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<2,0 mg/L) em dois pontos de monitoramento, em PM-01 (4,88 mg/L) e PM-04 (6,6 mg/L; **Figura 40**).

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 40
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

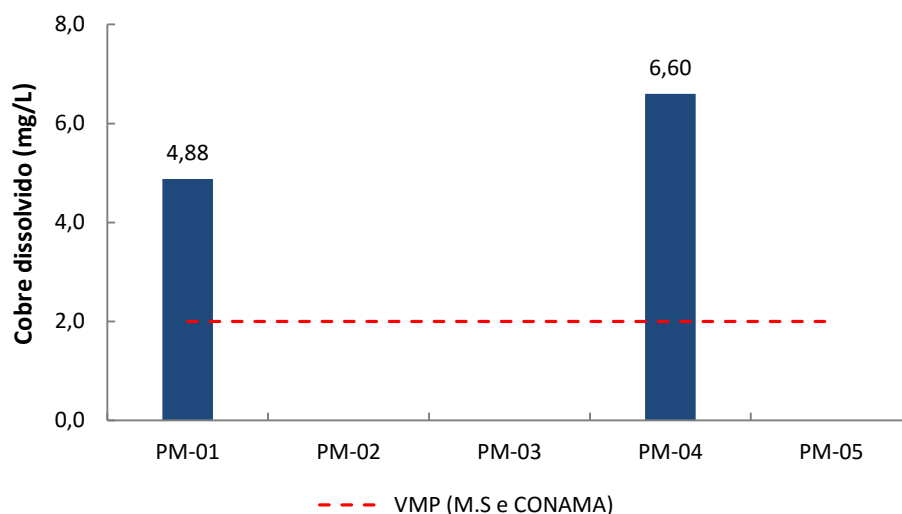



Figura 40. Cobre dissolvido das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Cromo

As concentrações naturais de cromo na água subterrânea estão diretamente ligadas ao pH e ao Eh. Em ambientes redutores e ácidos (pH baixos e Eh elevados) predominam a espécie Cr³⁺ (**Bertolo et al., 2009**). O cromo pode se originar de rochas máficas e ultramáficas e de sedimentos oriundos do intemperismo dessas rochas, porém a atividade antrópica pode ser uma fonte de contaminação de cromo, com o beneficiamento de metais, curtume, pigmentos e inibidores de corrosão. Cabe ressaltar que esse tipo de contaminação se dá de forma pontual, sendo facilmente detectável.

O cromo esteve acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,05 mg/L) apenas em PM-03 (0,2 mg/L; **Figura 41**).

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 41
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

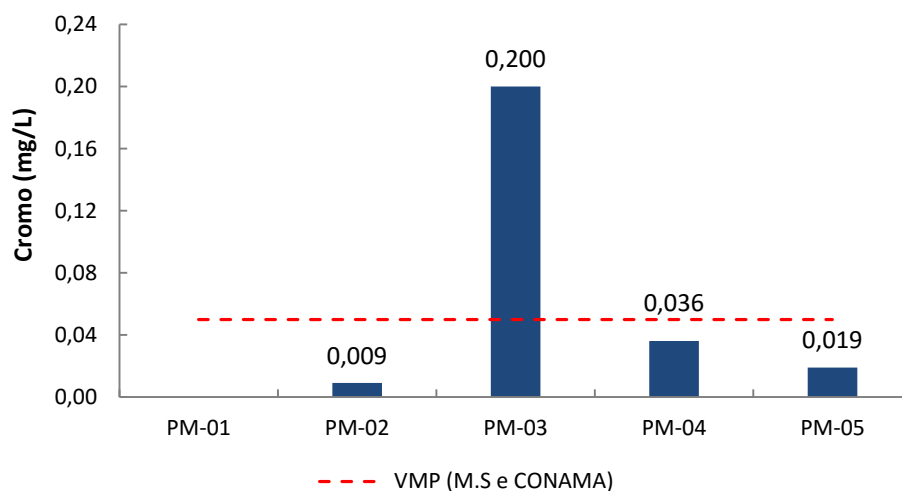


Figura 41. Cromo das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Ferro dissolvido

A ocorrência de ferro está diretamente relacionada a ocorrência de manganês, por se tratarem de elementos químicos com a mesma valência, podendo se substituir em composições minerais (**Feitosa et al., 2008**). A dissolução de ferro na água pode se dar por intemperismo de minerais ferromagnesianos (piroxênios, biotitas e olivinas), assim como arenitos com hidróxidos de ferro e crostas lateríticas. Os valores de ferro dissolvido estiveram muito acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,3 mg/L) em PM-01 e PM-04, com 11,1 mg/L e 11,2 mg/L, respectivamente (**Figura 42**).

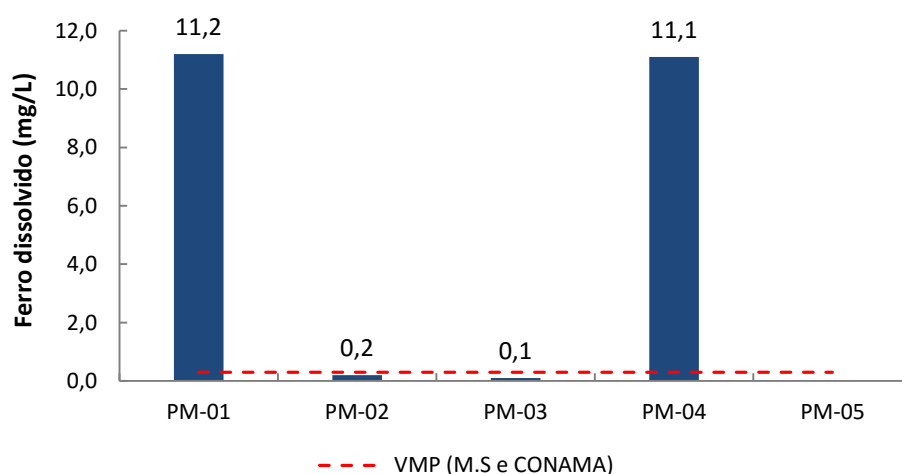



Figura 42. Ferro dissolvido das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 42
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Manganês total

O manganês possui uma semelhança muito grande com o ferro, tanto quimicamente como em questões de mobilidade na água subterrânea. Ele não ocorre de forma livre, mas sim em forma de óxidos, como pirolusita (MnO_2); braunita (Mn_2O_3); manganita ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$), ausmanita (Mn_3O_4) e rodocrosita ($MnCO_3$). O elevado nível de manganês nas águas pode ser letal para pássaros e peixes. Sua ocorrência está relacionada aos níveis ácidos de pH e aos níveis anormais de matéria orgânica (FEITOSA et al., 2008).

O manganês total esteve acima do limite máximo estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 e Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,1 mg/L) em três pontos de monitoramento, em PM-01 (0,606 mg/L), PM-03 (1,74 mg/L) e PM-04 (1,36 mg/L; **Figura 43**).

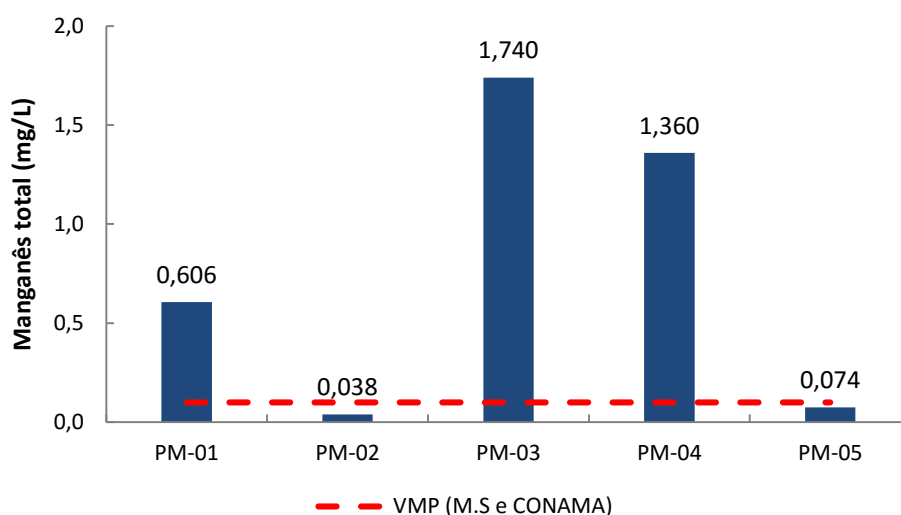



Figura 43. Manganês total das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Níquel

Geralmente o níquel se encontra com concentrações ao redor de 0,1 mg/L, sendo que concentrações de 11,0 mg/L são encontradas em regiões mineralizadas. As principais fontes antropogênicas de níquel na água são resíduos de queima de combustível, fundições e galvanoplastias. Altas doses de níquel podem levar o ser humano a intoxicação, acarretando em problemas neurológicos, cardíacos e pulmonares.

O níquel esteve acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 (<0,02 mg/L) apenas em PM-03 (0,033 mg/L; **Figura 44**).

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 43
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

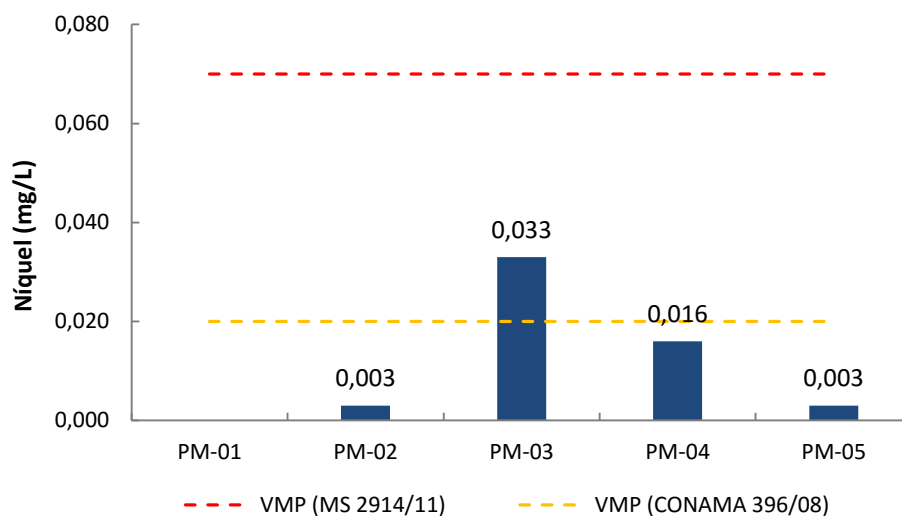


Figura 44. Níquel das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento. (VMP) Valor máximo permitido.

- Potássio

O potássio variou de 22 mg/L (PM-04) a 1,8 mg/L (PM-01; **Figura 45**).

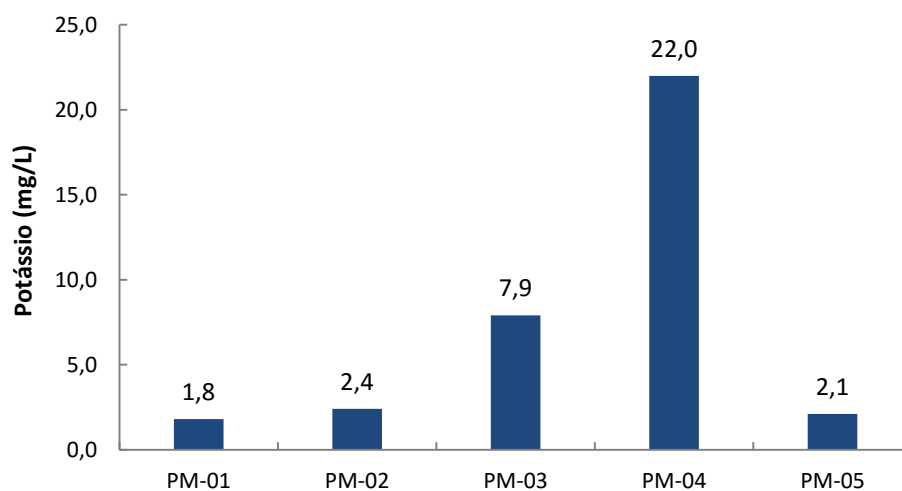


Figura 45. Potássio das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

- Sódio

O sódio é um dos metais alcalinos mais abundantes em água, devido à (i) distribuição ampla de minerais fontes presentes em rochas ígneas (feldspatos, plagiocásios, nefelinas, sodalitas, anfibólios e piroxênios); (ii) baixa estabilidade de seus minerais; e (iii) solubilidade elevada e difícil precipitação de seus compostos químicos (FEITOSA *et al.*, 2008). A quantidade de sódio na água é um limitante agrícola (SHUQUAIR, 2002), sendo que esse limitante se dá pelo fato do sódio diminuir a permeabilidade do solo e inibir a concentração de Ca e Mg (FEITOSA *et al.*, 2008). O sódio variou de 33 mg/L (PM-02) a 3,2 mg/L (PM-03; Figura 46).

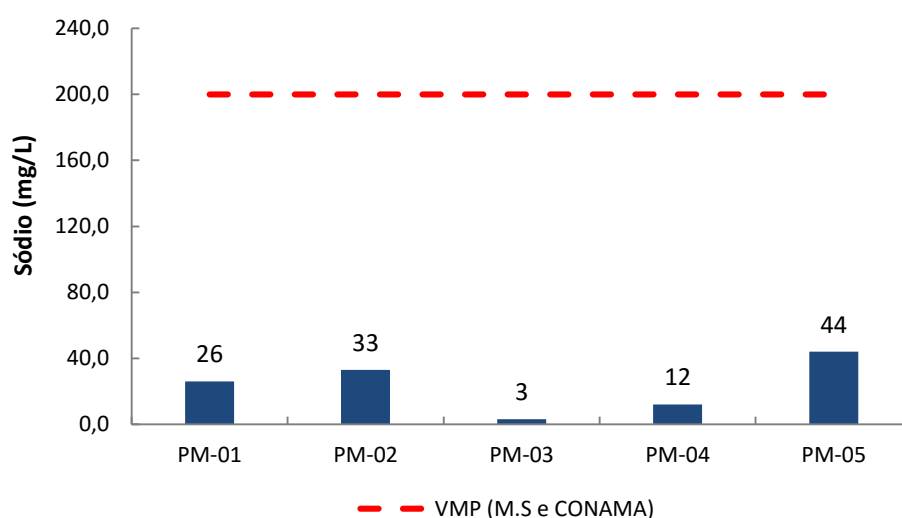



Figura 46. Sódio das águas subterrâneas referentes a 1ª campanha amostral de 2015 para avaliação da qualidade da água na área de influência direta da UHE São Manoel em cinco pontos de monitoramento.

6.2.4. Variáveis Microbiológicas

Os microrganismos do grupo dos coliformes totais e a espécie indicativa de contaminação fecal *Escherichia coli* estiveram ausentes nas amostras de água em todos os pontos de monitoramento.

6.2.5. Compostos Orgânicos

Atendendo ao Parecer Técnico PAR. 2478/2014 – COHID/IBAMA, foram incluídos nas análises de água: a) Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs); b) Hidrocarbonetos Monoaromáticos, conhecidos como BTEX: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos; c) Aldicarb, Carbofenan e Pentaclorofenol. Os resultados mostraram que as concentrações de todos os compostos orgânicos estão muito abaixo do limite máximo permitido pela legislação.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 45
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório apresentou a síntese dos resultados obtidos entre os meses de dezembro de 2014 a maio de 2015.

Durante os meses de dezembro de 2014 e janeiro de 2015 foram realizadas atividades envolvendo revisões bibliográficas e planejamento de campo para a execução das sondagens e da instalação dos piezômetros.


Durante o mês de fevereiro de 2015 foram realizadas as sondagens dos piezômetros da UHE São Manoel. A campanha foi finalizada em março, juntamente com a primeira campanha de monitoramento (nível e coleta de amostras de água).

Com relação à 1ª campanha amostral para avaliação da qualidade da água, nove variáveis estiveram em não conformidade com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde e/ou com a Resolução CONAMA nº 398/2008:

- Turbidez: acima do valor máximo permitido em todos os pontos de monitoramento;
- pH: abaixo do valor mínimo permitido no PM-03;
- Alumínio dissolvido: acima do valor máximo permitido no PM-01, PM-02 e PM-04;
- Chumbo: acima do valor máximo permitido no PM-01, PM-03 e PM-04;
- Cobre: acima do valor máximo permitido no PM-01 e PM-04;
- Cromo: acima do valor máximo permitido no PM-03;
- Ferro dissolvido: acima do valor máximo permitido no PM-01 e PM-04;
- Manganês total: acima do valor máximo permitido no PM-01, PM-03 e PM-04;
- Níquel: acima do valor máximo permitido no PM-03.

Os valores em não conformidade supracitados no presente relatório, especialmente os metais, podem ser devido às características geológicas naturais da região, porém, uma única amostragem não permite afirmações conclusivas. Com isso, a continuidade do monitoramento torna-se fundamental para elucidar a fonte desses elementos.

Durante o mês de abril e maio de 2015 foi confeccionado o mapeamento hidrogeológico e realizadas análises granulométricas dos materiais coletados durante a sondagem, além disso, em maio foi realizada a 2ª campanha de coleta de água e nível nos piezômetros já instalados, sendo que foram


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 46
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

P.10 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

realizadas coletas de água amostral para análises laboratoriais em cinco piezômetros, e medição de nível em dez piezômetros.


O monitoramento do lençol freático na área de influência direta pela UHE São Manoel deverá prosseguir nos próximos meses, de forma a avaliar as variações no entorno do reservatório, antes, durante e após seu enchimento.

Sendo assim, não foram identificadas dificuldades técnicas para a realização deste programa de monitoramento.


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/08/15 Página 47
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geóloga	Luciana C. Nunes Geóloga		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- ABGE (2013). *Manual de Sondagens-Boletim* nº 03, 5ª edição. São Paulo/SP
- Almeida, F.F.M. de & Nogueira Filho, J. D. V. Reconhecimento Geológico no Rio Aripuanã. *Boletim DGM*, n. 199, 1959. 44p.
- Almeida F.F.M., Neves B.B.B., Fuck R.A. (1977), *Províncias Estruturais Brasileiras*. In: SBG, VIII Simp. Geol. Nordeste, Campina Grande, Atas p. 363-391.
- Amaral, G. (1974), *Geologia Pré-Cambriana da região amazônica*. 1974. 212p. Tese (Mestrado), Instituto de Geociências – Depto. de Paleontologia e Estratigrafia, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.
- BERTOLO, R., A.; MARCOLAN, L., N., O.; BOUROTTE, C., L. *Relações Água-Rocha e a Hidrogeoquímica do Cromo na Água Subterrânea de Poços de Monitoramento Multiníveis de Urânia, SP, Brasil*. *Geologia USP, Série Científica*, São Paulo, v. 9, n. 2, p 47-62, junho-2009.
- Bettencourt, J. S. (1992), *Pesquisa geológica, metalogenética e mineral do Craton Amazônico (Sistematização crítica de parte da obra no período compreendido entre 1980 e 1982)*. 1992 (Tese de Livre-Docência).
- Cordani U.G., Tassinari C.C.G., Teixeira W., Basei M.A.S., Kawashita K. (1979), Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: *Congresso Geológico Chileno, 2*, Arica, Actas, pp 137-148.
- Cordani, U.G. & Brito Neves, B.B. (1982), *The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic*. *Rev. Bras. Geoc.*,12(1/3): 305-312.
- CPRM- *Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais*. Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso na escala 1:250.000. Cuiabá. 2004.
- CPRM- *Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais*. Mapa Geológico do Estado do Parána escala 1:250.000. Belém. 2004.
- FEITOSA, F.A.C. et al. 2008. **Hidrogeologia**: Conceitos e Aplicações. 3a ed. revidado. e ampliado. - Rio de Janeiro: CPRM: LABHID,2008. 812p.
- Gibbs, A. K.; Barron, C. N. (1983) *The Guiana Shield reviewed*. *Episodes*, v. 2, p. 7-14.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/06/15 Página 48
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geólogo	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Hasui, Y., Haralay, N.L.E. & Schobbenhaus, C. (1984), *Elementos geofísicos e geológicos da Região Amazônica: subsídios para o modelo geotectônico*. Anais I Simpósio de Geologia da Amazônia, 2; 129-141, Manaus.
- Issler, R. S.; Lima, M. I. C. de. (1987), Amazonian Craton (Brasil) granitogenesis and its relation to geotectonic units. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, Rio de Janeiro, v.17, n.4, 1987, p.426-441.
- LEME/CONCREMAT. *Estudo de impacto ambiental Da Usina Hidrelétrica São Manoel no rio Teles Pires*, Mato Grosso/Pará. 2011. Volume 2.
- Macambira, J.B., Ramos, J.F.F., Assis, J.F.P. & Figueiras, A.J.M. (1990), *Projetos Serra Norte e Pojua*, Relatório final. Convênio DNPM/DOCEGEO/UFPA, Belém.
- Oliveira, C.C. de; Albuquerque, M. C. Programa *Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Província Mineral de Alta Floresta (PROMIN Alta Floresta)*. Geologia e Recursos Minerais da Folha Alta Floresta-SC. 21-Z-X-C. Brasília: CPRM, 2005.
- Santiago, A.F.; Santos, J.O.S.; Maia, R. G. N. Estratigrafia preliminar da Bacia Sedimentar do Alto Tapajós. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, 1980, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: SBG, 1980, v. 2, p. 786-797.
- Santos J.O.S. & Loguércio S.O.C. (1984), A parte meridional do Cráton Amazônico (Escudo Brasil Central) e as Bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu. In: Schobbenhaus C., Campos D.A., Derze G.R., Asmus H.E. (coords.) 1984. *Geologia do Brasil*. Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica adjacente incluindo Depósitos Minerais, Escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM. 501 p.
- Santos, J.O.S.; Hartmann, L.A., Gaudette, H.E, Groves, D.I., McNaughton, N.J. & Flecher, I.R. (2000), *New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work and radiogenic isotope data*. *Gondwana Research*, 3: 453-488.
- SHUQAIR, S.M.S. Estudo da contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de Figueira no Estado do Paraná. (2002). Tese de Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à USP, São Paulo, SP, 117p.

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/06/15 Página 49
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geólogo	Luciana C. Nunes Geóloga		

- Tassinari, C. C. G. (1981), *Estudo geocronológico pelos métodos Rb/Sr e K/Ar em rochas da Folha Se.21 Corumbá*. Goiânia, RADAMBRASIL, 20 p. (Relatório Interno 408-G).
- Tassinari, C.C.G. (1996), *O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos*. 139p. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo. (Tese de Livre-doscência).
- Tassinari, C.C.G., Cordani, U.G., Nutman, A.P., Van Schmus, W.R., Bettencourt, J.S., Taylor, P.N., (1996), Geochronological systematics on basement rocks from the Rio Negro–Juruena Province (Amazonian Craton), and tectonic implications. *Intern. Geology Review*, v..38, n.2, pp. 1161- 175.
- Tassinari, C.C.G. & Sato, K. (1997), Principais eventos de acreção continental no Cráton Amazônico, baseados em idade modelo Sm-Nd, calculada em evoluções de estágio único e estágio duplo. In: COSTA, M.L. & ANGÉLICA, R.S. (coords.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, v.1, p.91-142.
- Teixeira, W., Tassinari C.C.G., Cordani U.G., Kawashita K. (1989), A review of the geochronology of the Amazon CRio Alegre Terrain: Tectonic Implications. *Precambrian Research*, 42:213-227.
- Valente, C. R. Aspectos Geológicos e Tectônicos da Província Mineral Alta Floresta – PROMIN: Um estudo a partir da utilização de sensoriamento remoto. Relatório de Fotointerpretação Geológica. CPRM/DGM, Rio de Janeiro. 1998.
- Vasquez, M.L., Ricci PSF & Klein EL. (2002), Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: KLEIN EL, VASQUEZ ML & ROSA-COSTA LT (Eds.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. SBG-Núcleo Norte, Belém, vol. 3, 67-83.


Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/06/15 Página 50
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geólogo	Luciana C. Nunes Geóloga		

ANEXO 1

Laudos das análises granulométrica conjunta dos perfis individuais de sondagem do solo nos piezômetros instalados para execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da UHE

São Manoel


Arquivo em pdf

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/06/15 Página 51
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geólogo	Luciana C. Nunes Geóloga		

ANEXO 2

Laudos das variáveis físicas e químicas da água subterrânea analisadas no Laboratório de Limnologia e
Qualidade da Água da VERACUZ


Arquivo em pdf

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/06/15 Página 52
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geólogo	Luciana C. Nunes Geóloga		

ANEXO 3

Laudos das análises de qualidade da água subterrânea analisadas no laboratório de empresa
terceirizada

Arquivo em pdf

Visto por:		Elaborado por:			Rev.: 001 15/06/15 Página 53
Thiago Millani Coordenador	Juhei Muramoto Gestor	Carolina A. Pinto Geólogo	Luciana C. Nunes Geóloga		